



Mesin las busur listrik



© BSN 2004

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang menyalin atau menggandakan sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun dan dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Gd. Mangala Wanabakti
Blok IV, Lt. 3,4,7,10.
Telp. +6221-5747043
Fax. +6221-5747045
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	ii
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Syarat mutu	6
5 Pengambilan contoh.....	28
6 Cara uji	29
7 Syarat lulus uji	33
8 Syarat penandaan	33



Prakata

Standar Nasional Indonesia “Mesin las busur listrik” ini disusun dalam rangka perlindungan terhadap konsumen dan meningkatkan mutu dari mesin las busur listrik.

Standar ini disusun oleh Panitia Teknis Permesinan dan Produk Permesinan yang mengacu pada NEMA, Standard Publication No. EW 1-1983, Electric – Arc – Welding Power sources dan telah dibahas dalam rapat teknis, rapat prakonsensus dan rapat consensus pada tanggal 20 Oktober 2003 di Jakarta yang dihadiri oleh stakeholder.



Mesin las busur listrik

1 Ruang lingkup

Standar ini menetapkan konstruksi mekanikal dan elektrik, serta persyaratan unjuk-kerja dari mesin las busur listrik.

2 Acuan normatif

- NEMA, Standar Publication No. EW 1-1983, *Electric Arc-Welding Power Sources*.
- 1979: *Standard test procedure for evaluation of systems of insulating material for random-wound AC electric machinery*, IEEE Publication No. 117
- 1977: *Test procedure evaluation and Klasifikasi of insulation system for DC machines*, IEEE Publication No. 304

3 Istilah dan definisi

3.1

mesin las busur listrik kelas I

ditandai berdasarkan kemampuannya dalam mengeluarkan suatu keluaran (lihat butir 4.4.4 atau 4.4.7) pada *duty cycle* 60%, 80%, atau 100%. Jika suatu mesin las busur listrik dihasilkan sesuai dengan standar pada publikasi ini sebagai mesin las busur listrik kelas I, harus ditandai "Kelas I (60)", "Kelas I (80)" atau "Kelas I (100)"

Mesin las busur listrik kelas I mesin yang dirakit secara lengkap yang meliputi beberapa karakteristik-karakteristik seperti yang disusun di bawah ini:

- 1) Sumber daya arus tetap (lihat butir 3.20), sumber daya tegangan tetap (lihat butir 3.21), atau sumber daya arus-tegangan tetap (lihat butir 3.22), dan
- 2) Sumber daya operator tunggal (lihat butir 3.32), dan
- 3) Salah satu diantara:
 - a) Mesin las busur listrik dengan pembangkit arus searah (a.s) (lihat butir 3.25).
 - b) Mesin las busur listrik dengan pembangkit arus bolak-balik (a.b.b) (lihat butir 3.26)
 - c) Mesin las busur listrik penyearah pembangkit a.s. (lihat butir 3.27).
 - d) Mesin las busur listrik penyearah pembangkit a.b.b atau a.s (lihat butir 3.28).
 - e) Mesin las busur listrik trafo a.b.b. (lihat butir 3.29).
 - f) Mesin las busur listrik trafo penyearah a.s. (lihat butir 3.30).
 - g) Mesin las busur listrik trafo penyearah a.b.b atau a.s. (lihat butir 3.31).

3.2

mesin las busur listrik kelas II

ditandai berdasarkan kemampuannya dalam mengeluarkan suatu keluaran (lihat butir 4.4.5) pada *duty cycle* 30%, 40%, atau 50%. Jika suatu mesin las busur listrik dihasilkan sesuai dengan standar pada publikasi ini sebagai mesin las busur listrik kelas II, harus ditandai "Kelas II (30)", "Kelas II (40)" atau "Kelas II (50)"

Mesin las busur listrik kelas II mesin yang dirakit secara lengkap yang meliputi beberapa karakteristik-karakteristik seperti yang disusun di bawah ini:

- 1) Sumber daya arus tetap (lihat butir 3.20), sumber daya tegangan tetap (lihat butir 3.21), atau sumber daya arus-tegangan tetap (lihat butir 3.22), dan
- 2) Sumber daya operator tunggal (lihat butir 3.32), dan
- 3) Salah satu diantara:
 - a) Mesin las busur listrik dengan pembangkit a.s. (lihat butir 3.25).
 - b) Mesin las busur listrik dengan pembangkit a.b.b. (lihat butir 3.26).
 - c) Mesin las busur listrik penyearah pembangkit a.s. (lihat butir 3.27).
 - d) Mesin las busur listrik penyearah pembangkit a.b.b. atau a.s. (lihat butir 3.28).
 - e) Mesin las busur listrik trafo a.b.b. (lihat butir 3.29).
 - f) Mesin las busur listrik trafo penyearah a.s. (lihat butir 3.30).
 - g) Mesin las busur listrik trafo penyearah a.b.b. atau a.s. (lihat butir 3.31)
 - h)

3.3

penilaian masukan

untuk mesin las busur listrik yang dioperasikan dari suatu catu daya listrik, penilaian masukan terdiri dari tegangan masuk, jumlah fasa, frekuensi yang dinilai dan arus masuk pada saat mesin las busur listrik mengeluarkan suatu keluaran yang dinilai

3.4

tegangan masuk yang dinilai

tegangan yang diberikan pada saat suatu mesin las busur listrik dirancang untuk beroperasi

3.5

frekuensi yang dinilai

frekuensi (dinyatakan dalam satuan Hz) adalah jumlah siklus dari catu daya masukan dalam 1 detik perioda waktu

3.6

arus masuk

arus yang diambil dari suatu catu daya listrik untuk mengoperasikan mesin las busur listrik

3.7

efisiensi

rasio (perbandingan) antara daya keluar dari suatu terminal pengelasan terhadap total daya masuk. Kecuali jika didefinisikan lain, efisiensi (lihat butir 6.3.1) dapat diberikan pada saat sumber daya dioperasikan pada keluaran yang dinilai (lihat butir 3.8)

3.8

keluaran yang dinilai

keluaran yang dinilai dari suatu mesin las busur listrik terdiri dari keluaran atau kapasitas yang terbatas yang dinyatakan sebagai tegangan beban, arus beban, dan *duty cycle* pada saat mesin las busur listrik dioperasikan pada tegangan masuk dan frekuensi, atau kecepatan beban yang dinilai

3.9

arus beban

arus yang mengalir dalam suatu sirkit pada saat mesin las busur listrik dioperasikan

3.10

arus beban yang dinilai

suatu arus beban pada keluaran yang dinilai

3.11

tegangan sirkit tanpa beban

suatu tegangan tanpa penstabil tegangan frekuensi tinggi, antara terminal pengelasan suatu mesin las busur listrik pada saat tidak ada arus beban yang mengalir dalam sirkit pengelasan

3.12**tegangan beban**

tegangan antara terminal pengelasan suatu mesin las busur listrik ketika arus beban mengalir dalam sirkit pengelasan

3.13**tegangan beban yang dinilai**

tegangan beban pada keluaran yang dinilai

3.14**kecepatan beban yang dinilai**

kecepatan rotasi pada saat pembangkit mesin las busur listrik dirancang untuk beroperasi mengeluarkan keluaran yang dinilai

3.15***duty cycle***

rasio (perbandingan) dari waktu busur keluar terhadap waktu total, dinyatakan dalam %. Sebagai standar, perioda waktu dari suatu siklus lengkap pengetesan harus 10 menit. (Sebagai contoh, dalam suatu kondisi 60% *duty cycle*, beban dapat diaplikasikan secara terus menerus selama 6 menit dan tidak dioperasikan selama 4 menit)

3.16**riak tegangan**

perbedaan antara rata-rata dan nilai sesaat dari suatu pulsa tegangan searah

CATATAN Akar kuadrat rata-rata dari nilai riak tegangan dapat diukur dengan menggunakan akar kuadrat rata-rata dari suatu meter pengindikasian yang disusun secara seri dengan suatu kapasitor yang memiliki impedansi cukup rendah sehingga tidak terlalu mempengaruhi indikasi dari suatu voltmeter. Jenis alat ukur dengan penyearah sebaiknya tidak digunakan

3.17**prosentase riak tegangan**

suatu rasio (perbandingan) yang dinyatakan dalam prosen, dari nilai efektif (akar kuadrat rata-rata) dari riak tegangan terhadap rata-rata dari pulsa tegangan searah

3.18**karakteristik voltamper statis**

kurva atau grup dari kurva pada saat tegangan beban berada dalam keadaan stabil dari mesin las busur listrik sebagai ordinat, dialurkan terhadap arus beban stabil sebagai absis

3.19**kemiringan dari kurva voltamper statis**

rasio (perbandingan) dari perubahan tegangan beban terhadap perubahan arus beban dinyatakan dalam volt per 100 amper

3.20**mesin las busur listrik arus tetap**

suatu sumber daya yang memiliki alat untuk mengatur arus beban dan memiliki suatu kurva voltamper statis yang cenderung menghasilkan suatu kurva arus beban yang relatif tetap.

Tegangan beban pada arus beban yang diberikan yang peka terhadap kecepatan elektroda yang terumpan digunakan pada busur, kecuali jika elektroda tak terumpan digunakan, tegangan beban akan peka terhadap jarak antara elektroda dengan benda kerja

CATATAN Mesin las busur listrik arus tetap biasanya digunakan pada proses pengelasan yang menggunakan elektroda dengan cara manual, elektroda terumpan yang diumpankan secara terus menerus, atau elektroda tak terumpan

3.21

mesin las busur listrik tegangan tetap

sumber daya yang memiliki suatu alat untuk mengatur tegangan beban dan memiliki suatu kurva voltampere statis yang menghasilkan suatu tegangan beban yang relatif tetap. Arus beban, pada tegangan beban yang diberikan, peka terhadap laju saat elektroda terumpan diumpankan ke busur listrik

CATATAN Suatu mesin las tegangan tetap biasa digunakan pada proses pengelasan yang menggunakan elektroda terumpan yang diumpankan secara terus menerus (berkesinambungan/kontinu)

3.22

mesin las busur listrik arus tetap/tegangan tetap

sumber daya yang memiliki karakteristik yang bisa dipilih dari mesin las busur listrik arus tetap (lihat butir 3.20) dan mesin las busur listrik tegangan tetap (lihat butir 3.21)

3.23

motor pembangkit mesin las busur listrik

sumber daya yang terdiri dari suatu motor listrik yang dihubungkan secara mekanik dan dipasang dengan satu atau lebih pembangkit busur-las

3.24

mesin pembangkit mesin las busur listrik

sumber daya yang terdiri dari sebuah mesin yang dihubungkan secara mekanik dan dipasang dengan satu atau lebih pembangkit busur-las

3.25

pembangkit a.s mesin las busur listrik

pembangkit a.s yang digabungkan dengan suatu kontrol dan membutuhkan peralatan yang mengindikasikan a.s untuk busur-las

3.26

pembangkit a.b.b mesin las busur listrik

pembangkit a.b.b yang digabungkan dengan kontrol dan membutuhkan peralatan yang mengindikasikan a.b.b untuk busur-las

3.27

penyearah pembangkit a.s mesin las busur listrik

gabungan antara pembangkit a.b.b dan penyearah statis yang digabungkan dengan suatu kontrol dan membutuhkan peralatan yang mengindikasikan a.s untuk busur-las

3.28

penyearah pembangkit a.b.b. atau a.s. mesin las busur listrik

gabungan pembangkit a.b.b dan penyearah statis yang digabungkan dengan suatu kontrol dan membutuhkan peralatan untuk menghasilkan a.b.b atau a.s untuk busur-las

3.29**trafo a.b.b. mesin las busur listrik**

trafo yang memiliki gulungan primer dan sekunder yang diisolasi, dan penyearah statis yang digabungkan dengan kontrol dan membutuhkan peralatan indikasi yang menghasilkan a.b.b sesuai untuk busur-las

3.30**trafo penyearah a.s mesin las busur listrik**

gabungan dari suatu trafo yang memiliki gulungan primer dan sekunder yang diisolasi, dan penyearah statis yang digabungkan dengan kontrol dan membutuhkan peralatan indikasi untuk menghasilkan a.s untuk busur-las

3.31**trafo penyearah a.b.b atau a.s mesin las busur listrik**

gabungan suatu trafo yang memiliki gulungan primer dan sekunder yang diisolasi, dan penyearah statis yang digabungkan dengan suatu kontrol dan membutuhkan peralatan indikasi untuk menghasilkan a.b.b atau a.s untuk busur-las

3.32**pengoperasian tunggal mesin las busur listrik**

mesin las busur listrik yang dirancang menghantarkan arus beban hanya pada satu busur-las

3.33**operasi multipel mesin las busur listrik**

mesin las busur listrik yang dapat memberikan dua atau lebih busur-las melalui tahanan yang sesuai atau keluaran reaktor tanpa ada tolak-menolak antara interaksi busur

3.34**outlet pengelasan operasi multipel**

terminal pengontrol yang terdiri dari suatu tahanan yang bisa diatur dan/atau reaktor untuk mengatur arus beban yang diberikan oleh suatu mesin las busur listrik pengoperasi multipel

3.35**catu daya bantu**

catu daya yang terpisah, baik a.b.b atau a.s, yang disediakan oleh mesin las untuk kegunaan selain memberikan daya terhadap busur-las

3.36**terminal pengelasan**

terminal dari suatu mesin las busur listrik yang melengkapi sumber daya, dan jika perlu dengan energi frekuensi tinggi untuk busur las

3.37**kabel las**

kabel yang menghantarkan sumber daya dari terminal pengelasan ke busur las dan jika perlu dengan energi frekuensi tinggi

3.38**pemegang elektroda**

batang antara suatu terminal pengelasan dari mesin las busur listrik dan elektroda las

3.39

kabel benda kerja

kabel antara terminal mesin las dan benda kerja

3.40

sirkuit pengelasan

sirkuit yang terdiri dari semua komponen tambahan yang dihubungkan pada terminal mesin las

3.41

penutup mesin las

kotak sekeliling atau rangka yang dibentuk untuk memberikan suatu tingkat pengamanan kepada personel terhadap kecelakaan akibat kontak dengan aliran listrik dan bagian yang bergerak untuk memberikan suatu tingkat pengamanan mesin las busur listrik terhadap kerusakan yang dapat merugikan operasi pengelasan

3.42

rangka penutup mesin las

struktur pendukung yang diberikan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan dari penutup dan untuk tempat menempelnya bagian-bagian yang berbeda dari mesin las busur listrik

3.43

bagian yang beraliran listrik

bagian yang memiliki perbedaan tegangan dengan tegangan tanah, yang dapat mengakibatkan kejut listrik, atau bagian yang diharapkan dapat menghasilkan hubungan dengan bagian lain yang membawa arus pada saat operasi normal

3.44

tusuk kontak

alat yang biasanya digabungkan dengan suatu kawat atau kabel, yang dimasukkan ke dalam suatu stop kontak atau yang dapat membuat hubungan listrik

3.45

stop kontak

alat penghubung atau penerima yang digunakan untuk menerima suatu tusuk kontak untuk membuat hubungan listrik

3.46

alat pemasangan dengan tangan

peralatan yang dirancang sebagai pendukung dan digunakan dengan tangan selama pemakaian

3.47

perlengkapan listrik tambahan

kontrol listrik, kabel, aksesoris, dan lain-lain yang ditambahkan pada suatu mesin las untuk memudahkan pengaturan, fungsi dan pengoperasian di luar penutup mesin las

3.48

selang

alat untuk atau dari mesin las termasuk konektor, pelindung, media pendingin, serta disiapkan untuk pembuangan asap, dan/atau daya bukan listrik atau pengaturan

4 Syarat mutu

4.1 Umum

4.1.1 Kesesuaian pengoperasian

Karakteristik dari suatu mesin las busur listrik sesuai dengan standar harus dengan kualifikasi operator, atau peralatan yang dikendalikan secara mekanik yang sesuai, dengan mengikuti rekomendasi dari pabrik untuk instalasi dan prosedur pengerjaan, dapat menghasilkan hasil las yang memuaskan didalam rentang pengoperasian yang spesifik dari mesin las dan dengan proses pengelasan untuk pekerjaan yang akan digunakan.

4.1.2 Kondisi operasi

Kondisi operasi, selain yang dispesifikasi seperti biasa, kemungkinan memiliki beberapa efek yang mengganggu pada mesin las busur listrik. Efek tersebut bergantung kepada derajat pergeseran dari kondisi pengoperasian biasa dan kerumitan dari lingkungan dimana mesin las akan dioperasikan. Pada intinya kondisi operasi yang tidak biasa akan menyebabkan kerusakan yang abnormal (tidak biasa) untuk, sistem isolasi, gangguan sistem listrik, atau pengausan mekanik, yang menghasilkan kegagalan yang belum waktunya. Pabrik dari mesin las busur listrik harus menginformasikan terlebih dahulu untuk informasi lebih lanjut berkaitan dengan kondisi operasi yang tidak biasa.

4.1.2.1 Kondisi operasi biasa

Suatu mesin las busur listrik dibuat berdasarkan standar harus mampu dioperasikan pada kondisi-kondisi tertentu:

- 1) Suhu ruangan berada diantara 0°C sampai 40°C .
- 2) Berada di atas permukaan laut sampai 1000 meter.
- 3) Terlindung dari gas-gas dan debu-debu yang dihasilkan oleh busur-las.
- 4) Tegangan masuk bervariasi didalam julat sekitar $\pm 10\%$ dari tegangan masuk dari mesin las busur listrik.
- 5) Dasar dari sumber daya sekitar 15 derajat dari garis horizontal.

4.1.2.2 Kondisi operasi tidak biasa

Pabrik harus menginformasikan terlebih dahulu untuk kesesuaian jika terdapat kondisi operasi tidak biasa, yang meliputi paparan sebagai berikut:

- 1) Bahan mudah terbakar dan debu yang dihasilkan.
- 2) Uap zat kimia atau gas yang mudah menyala.
- 3) Hujan, uap air, atau uap minyak.
- 4) Kumpulan binatang kecil pengganggu, atau kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan jamur.
- 5) Sangat kotor, bersifat korosi, mudah meledak, atau lingkungan yang abrasif.
- 6) Radiasi atau menghantarkan panas.
- 7) Getaran atau kejutan yang luar biasa.
- 8) Radiasi nuklir.
- 9) Kondisi cuaca buruk.
- 10) Kondisi pantai dan kapal.
- 11) Kelembaban nisbi rata-rata diatas 90 % atau di bawah 10 % secara terus menerus.
- 12) Ketinggian diatas permukaan laut melebihi 1000 meter.

4.1.3 Instalasi dan pengoperasian

Mesin las busur listrik dipasang dan dioperasikan sesuai dengan standar instalasi, aturan setempat dan spesifikasi keamanan yang dapat digunakan.

4.2 Persyaratan konstruksi mekanik

4.2.1 Rangka dan penutup mesin las

Suatu mesin las busur listrik seharusnya dibuat dan dirakit sedemikian rupa sehingga memiliki kekuatan dan kekakuan yang dibutuhkan untuk menahan pada kondisi operasi normal yang biasanya dimaksudkan tanpa adanya peningkatan kejutan, kebakaran, atau bahaya lain. Mesin las busur listrik harus dilengkapi dengan kotak atau kabinet yang dapat menutupi seluruh bagian yang berarus listrik dan bagian-bagian bergerak yang berbahaya (seperti motor, puli, sabuk, kipas, roda gigi, dan lain-lain) kecuali hal-hal berikut yang tidak perlu dimasukkan:

- 1) Kawat catu atau kabel yang fleksibel dan kabel las.
- 2) Terminal keluaran yang tidak ditanahkan untuk sambungan kabel las, tusuk kontak dan kontak-kontak, tusuk kontak atau bagian-bagian yang mirip untuk disambungkan dengan sirkit keluaran, atau sirkit tegangan terbuka terbatas yang sesuai dengan butir 4.4.3 jika terdapat kesesuaian proteksi terhadap kontak yang tidak disengaja.

Proteksi biasanya akan diberikan jika:

- a) Tusuk kontak dan bagian yang berarus listrik dari sumber daya tidak diisolasi, termasuk pelat terminal keluaran yang ditetapkan didalam kotak dari koneksi yang bertipe alur akan diturunkan dibelakang bidang vertikal sebagai akses untuk membuka.
- b) Bagian dari yang berarus listrik yang tidak berisolasi dari suatu sumber daya diturunkan pada jarak tidak lebih dari 1,5 dimensi jarak minimal dari pembukaan di belakang bagian yang berarus ditempatkan, atau
- c) Tutup yang dapat diputar, atau suatu pembatas atau tutup pelindung, hanya dapat dipindahkan dengan menggunakan alat, dengan permukaan lubang yang halus atau pembukaan untuk kabel yang diberikan diatas terminal.

4.2.2 Konstruksi penutup mesin las

4.2.2.1 Suatu penutup mesin las bisa dibuat dari lembaran logam, logam yang dicetak ataupun bahan non logam. Jika penutup mesin las dibuat dari lembaran logam, ketebalan tidak boleh kurang ketebalan yang ada pada Tabel 1 atau Tabel 2 (lihat butir 4.2.2.2). Tabel-Tabel tersebut didasarkan pada keseragaman dari pembelokan dari permukaan penutup mesin las untuk beban yang diberikan yang dikonsentrasikan pada pusat dari permukaan dengan mengabaikan ketebalan logam. Ketebalan dari penutup mesin las logam yang dicetak tidak boleh kurang dari Tabel 3. Jika penutup mesin las dibuat dari bahan non-logam, bahan tersebut harus memenuhi standar, untuk uji sifat mudah terbakar dari bahan plastik dan bagian-bagian pada perlengkapan dan peralatan, penutup mesin las harus memiliki kekuatan mekanik minimal sama dengan penutup mesin las lembaran logam yang dibangun sesuai dengan Tabel 1 atau Tabel 2.

4.2.2.2 Ketebalan dari lembaran logam di dalam suatu area dimana persyaratan dibuat untuk hubungan sistem perkabelan di dalam suatu bagian tidak boleh kurang dari 1,35 mm untuk baja tidak dilapis dan 1,42 mm untuk baja yang digalvanis, dan tidak kurang dari 1,91 mm untuk aluminium, tembaga dan kuningan.

4.2.2.3 Konstruksi dari penutup mesin las seharusnya tidak terdapat bagian atau sudut yang tajam untuk permukaan luar yang terpapar dari suatu penutup mesin las dimana hal tersebut dapat menyebabkan kecelakaan pada personel.

4.2.2.4 Diantara faktor-faktor yang dipertimbangkan di dalam menentukan kesesuaian penutup mesin las adalah:

- 1) Kekuatan fisik,
- 2) Ketahanan terhadap benturan,
- 3) Sifat menyerap kelembaban,
- 4) Sifat mudah terbakar,
- 5) Ketahanan terhadap korosi,
- 6) Ketahanan terhadap penyimpangan suhu dimana penutup mesin las ditujukan untuk penggunaan dalam kondisi biasa atau tidak biasa,
- 7) Ketahanan terhadap percikan api dari sumber listrik.

Untuk penutup mesin las yang terbuat dari bahan non-logam, seluruh faktor tersebut diatas harus dipikirkan aspek kerusakan akibat panas.

4.2.2.5 Dengan menggunakan acuan Tabel 1 dan Tabel 2, suatu rangka pendukung adalah suatu struktur dari sudut atau alur atau bagian kaku yang dilipat dari lembaran logam yang ditempelkan dengan kaku dan memiliki dimensi luar yang penting sebagai permukaan penutup mesin las dan memiliki torsi kekakuan yang cukup untuk menahan momen tekuk yang bisa diaplikasikan terhadap permukaan penutup mesin las ketika penutup mesin las tersebut di belokkan. Konstruksi yang diperkirakan memiliki penguatan yang setara dapat disempurnakan oleh rangka yang akan menghasilkan suatu struktur yang kaku seperti yang dibangun dengan menggunakan rangka dari sudut atau alur.

4.2.2.6 Konstruksi yang dianggap tanpa menggunakan rangka pendukung meliputi :

- 1) Lembaran tunggal dengan flensa yang dibentuk tunggal (pinggiran yang dibentuk),
- 2) Lembaran tunggal yang dibengkokkan atau diberi rangka,
- 3) Permukaan penutup mesin las yang mudah dibuka ditempelkan pada suatu rangka (seperti, dengan menggunakan per penjepit), atau
- 4) Suatu penutup mesin las yang dibentuk atau dibuat dari lembaran logam.

4.2.2.7 Ketebalan minimum dari suatu penutup mesin las tanpa rangka pendukung bisa kurang dari yang ditunjukkan pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 jika penutup mesin las tersebut dikuatkan tekuk atau kekuatan torsi, kekuatannya dan kekakuannya yang ditunjukkan tidak kurang dari sifat-sifat yang sesuai dari suatu penutup mesin las yang memiliki panjang maksimum dan lebar yang sama sesuai dengan ketebalan logam yang diperlukan.

Tabel 1 Tebal minimum dari logam untuk penutup mesin las – Baja karbon atau baja tahan karat

Satuan: mm

Tanpa rangka pendukung ^a		Dengan rangka pendukung atau penguatan yang setara ^b		Tebal minimum	
Lebar maks. ^c	Panjang maks dari tepi pendukung ^d	Lebar maks. ^c	Panjang maks.	Tidak dilapisi	Dilapisi seng
102	Tidak dibatasi	159	Tidak dibatasi		
121	146	171	210	0,51	0,58
152	Tidak dibatasi	241	Tidak dibatasi		
179	222	254	318	0,66	0,74
203	Tidak dibatasi	305	Tidak dibatasi		
229	292	330	406	0,81	0,86
318	Tidak dibatasi	495	Tidak dibatasi		
356	457	533	635	1,07	1,14
457	Tidak dibatasi	686	Tidak dibatasi		
508	635	737	914	1,35	1,42
559	Tidak dibatasi	838	Tidak dibatasi		
635	787	889	1092	1,52	1,60
635	Tidak dibatasi	991	Tidak dibatasi		
737	914	1041	1295	1,70	1,78
838	Tidak dibatasi	1295	Tidak dibatasi		
965	1194	1372	1676	2,03	2,13
1067	Tidak dibatasi	1626	Tidak dibatasi		
1194	1499	1727	2134	2,36	2,46
1321	Tidak dibatasi	2032	Tidak dibatasi		
1524	1880	2134	2616	2,74	2,82
1606	Tidak dibatasi	2464	Tidak dibatasi		
1854	2286	2616	3226	3,12	3,20

CATATAN

^a Lihat butir 4.2.2.6

^b Lihat butir 4.2.2.5

^c Lebar lebih kecil dari dimensi suatu empat persegi panjang dari logam lembaran yang merupakan bagian dari penutup mesin las. Permukaan yang berdekatan dengan penutup mesin las kemungkinan memiliki pendukung yang biasa dan dibuat oleh lembaran tunggal.

^d Penggunaan tidak terbatas jika tepi permukaan diflensa minimal 12,7 mm atau diikatkan terhadap permukaan yang berdekatan yang tidak biasa dipindahkan pada saat digunakan.

Tabel 2 Tebal minimum dari logam untuk penutup mesin las – Aluminium, tembaga atau kuningan

Satuan : mm

Tanpa rangka pendukung ^a		Dengan rangka pendukung atau penguatan yang setara ^b		Tebal minimum
Lebar maks. ^c	Panjang maks. ^d	Lebar maks. ^c	Panjang maks.	Tidak dilapisi
76	Tidak dibatasi	179	Tidak dibatasi	
90	102	216	241	0,58
102	Tidak dibatasi	254	Tidak dibatasi	
127	152	267	343	0,74
152	Tidak dibatasi	356	Tidak dibatasi	
165	203	381	457	0,91
203	Tidak dibatasi	483	Tidak dibatasi	
241	292	533	635	1,14
305	Tidak dibatasi	711	Tidak dibatasi	
356	406	762	940	1,47
457	Tidak dibatasi	1067	Tidak dibatasi	
508	635	1143	1397	1,90
635	Tidak dibatasi	1524	Tidak dibatasi	
737	914	1626	1981	2,41
939	Tidak dibatasi	2210	Tidak dibatasi	
1067	1346	2362	2896	3,10
1321	Tidak dibatasi	3124	Tidak dibatasi	

CATATAN
^a Lihat butir 4.2.2.6
^b Lihat butir 4.2.2.5
^c Lebar lebih kecil dari dimensi suatu empat persegi panjang dari logam lembaran yang merupakan bagian dari penutup mesin las. Permukaan yang berdekatan dengan penutup mesin las kemungkinan memiliki pendukung yang biasa dan dibuat oleh lembaran tunggal.
^d Penggunaan tidak terbatas jika tepi permukaan diflensa minimal 12,7 mm atau diikatkan terhadap permukaan yang berdekatan yang tidak biasa dipindahkan pada saat digunakan.

Tabel 3 Tebal minimum dari logam cor untuk penutup mesin las

Satuan: mm

Dimensi atau lokasi atau luas cakupan	Tebal minimum	
	Logam cor selain <i>Die Cast</i>	Logam <i>Die Cast</i>
Luas 154,8 cm ² atau lebih kecil dan tidak ada ukuran lebih besar dari 152 mm	3,18	1,59*
Luas lebih besar dari 154,8 cm ² atau mempunyai ukuran lebih besar dari 152 mm	3,18	2,38
Pada ulir lubang konduit	6,35	6,35
Pada lubang konduit tidak berulir	3,18	3,18

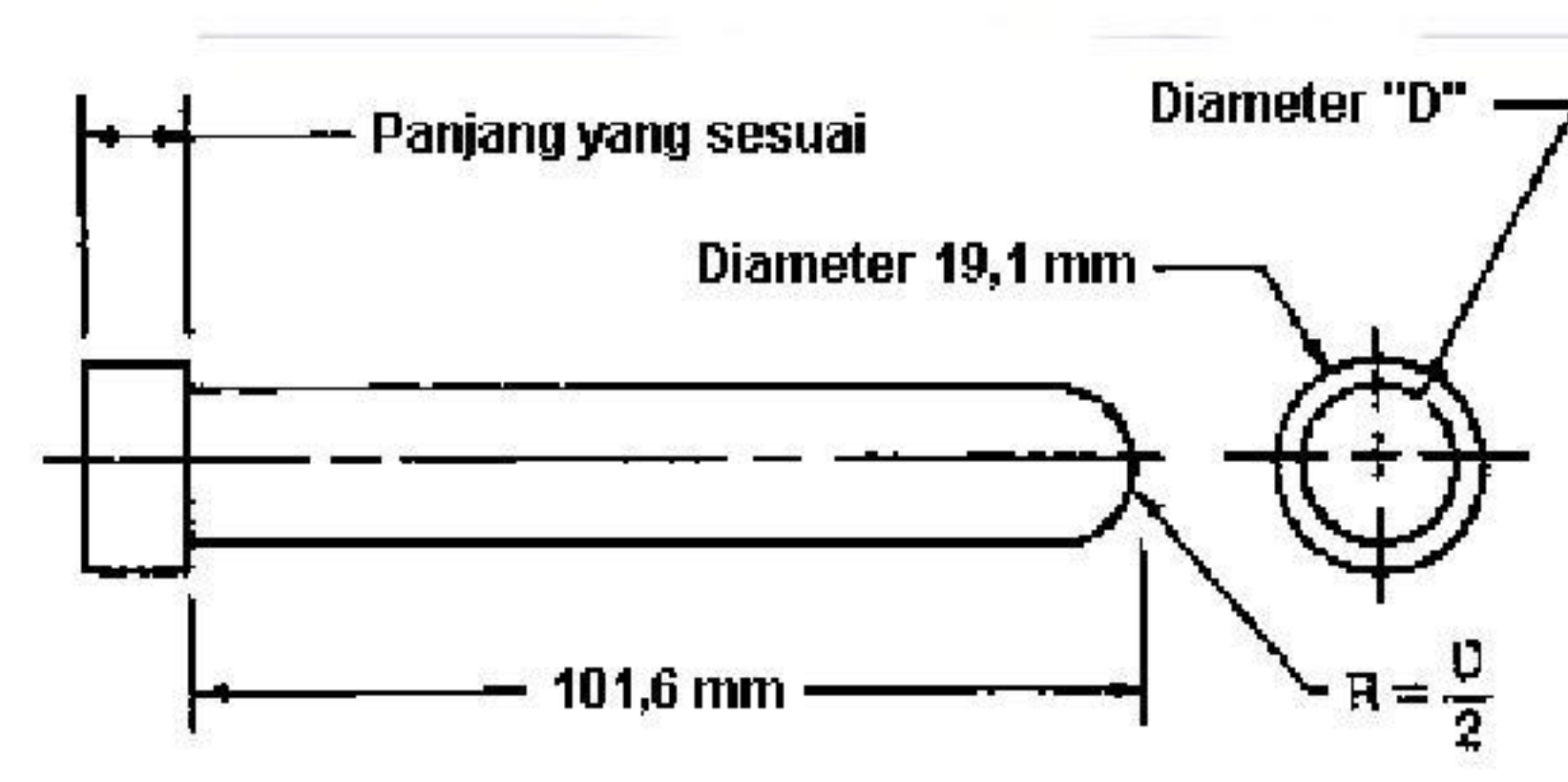
CATATAN
* Pembatasan luas untuk logam dengan ketebalan 1,59 mm dapat diperoleh dengan penyempurnaan penguatan tulangan yang sesuai yang membagi luas yang lebih besar.

4.2.3 Celah penutup mesin las

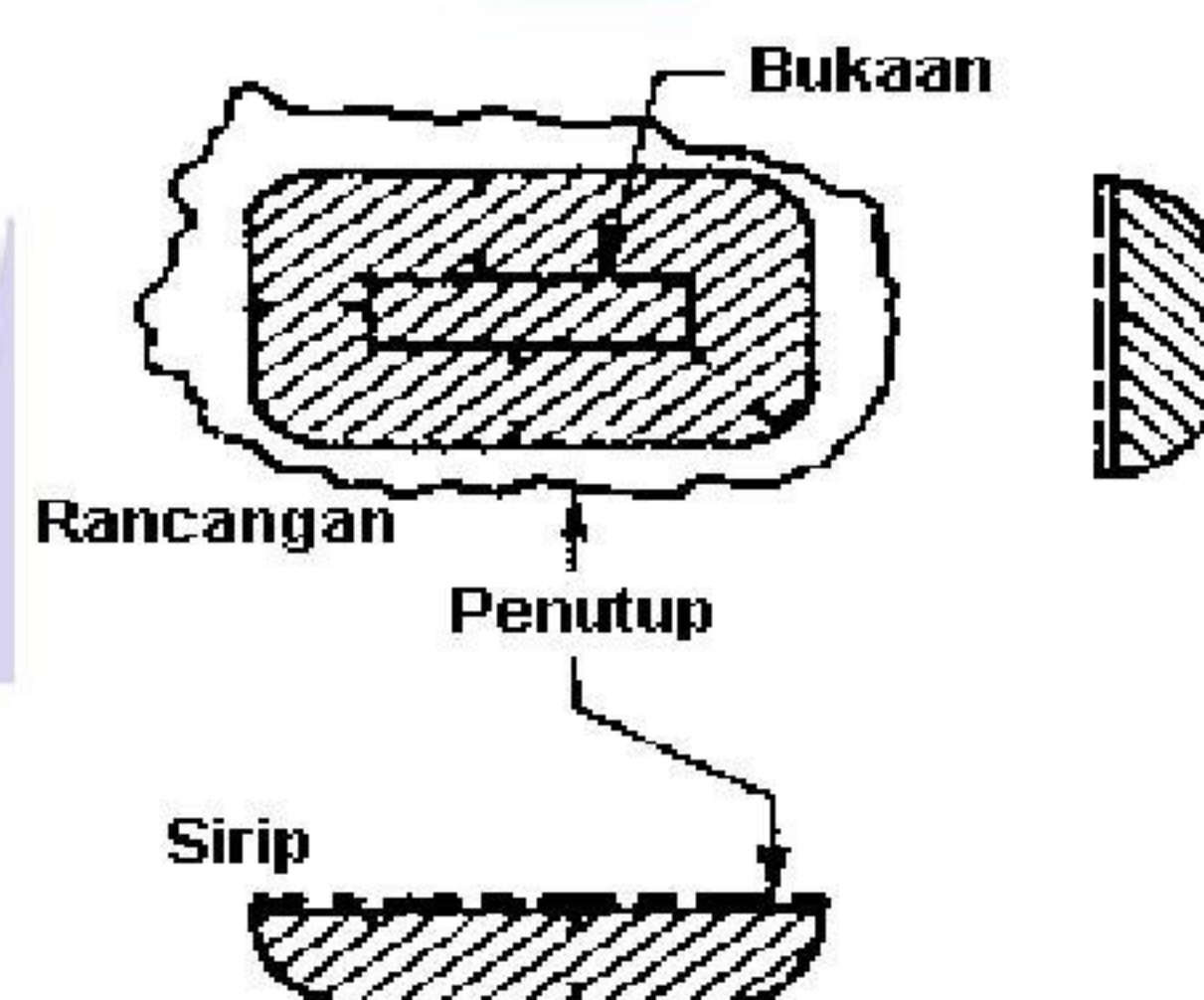
Kesesuaian suatu celah penutup mesin las busur listrik harus dapat ditentukan berdasarkan butir 4.2.3.1 atau butir 4.2.3.2, kecuali untuk mesin atau sumber daya yang digerakkan oleh motor, kesesuaian celah penutup harus dapat ditentukan berdasarkan butir 4.2.3.3. Bagian lain diluar penutup mesin las yang ditujukan untuk dibuka atau dipindahkan tanpa menggunakan alat oleh pengguna dari peralatan.

4.2.3.1 Celah pada mesin las busur listrik selain untuk penanganan

- 1) Suatu celah tidak dibolehkan menjadi tempat masuk untuk batang dengan diameter 19 mm yang cocok jika pemeriksa menggunakan diameter ujung 12,7 mm, yang digambarkan pada gambar 1, tidak dapat menyentuh kawat yang dilapisi film, bagian yang beraliran listrik yang tidak diisolasi, bagian-bagian bergerak yang berbahaya, atau beberapa gabungan hal tersebut diatas, pada saat dimasukkan dengan menggunakan gaya 4,45 N melalui celah.
- 2) Suatu celah yang dapat digunakan sebagai jalan masuk dari suatu batang yang berdiameter 19 mm akan sesuai jika tidak terdapat kawat yang dilapisi film, bagian-bagian yang beraliran listrik yang tidak diisolasi, bagian-bagian bergerak yang berbahaya, atau gabungan hal tersebut diatas,
 - a) yang kurang dari X mm dari suatu celah dan
 - b) didalam volume yang dibangkitkan dengan memproyeksikan lingkaran X mm normal terhadap bidang datar pada saat X sebanding dengan lima kali diameter dari diameter batang terbesar (tetapi kurang dari 101,6 mm) yang dapat dimasukkan melalui celah. Lihat Gambar 2.



Gambar 1 Celah



Gambar 2 Potongan melintang celah

4.2.3.2 Celah pada mesin las busur listrik untuk penanganan

Suatu celah untuk perakitan dengan tangan harus sesuai jika suatu batang (D) berdiameter 9,5 mm, seperti yang digambarkan pada gambar 1, dimasukkan kedalam suatu celah sampai maksimum 25,4 mm tidak dapat menyentuh kawat yang dilapisi filem, bagian yang beraliran listrik yang tidak diisolasi, bagian bergerak yang berbahaya atau gabungannya.

4.2.3.3 Celah pada mesin las busur listrik yang digerakkan oleh motor atau mesin

Celah penutup mesin las untuk sumber daya yang digerakkan oleh motor atau mesin harus memberikan suatu perlindungan yang sesuai dengan butir 4.2.3.1 dan butir 4.2.3.2. Dimana akses operasi terhadap suatu peralatan dibutuhkan dan perlindungan penutup mesin las tidak layak jamin dilengkapi, suatu label yang berisi peringatan mengenai potensi yang mengandung bahaya harus ditunjukkan secara jelas di atas peralatan.

4.2.4 Proteksi korosi untuk bagian dari logam

Seluruh bagian yang terbuat dari logam harus di cat, dilapisi, atau diproteksi terhadap korosi jika penguraian dari bagian-bagian yang tidak terlindungi memungkinkan menghasilkan suatu kondisi yang berbahaya.

4.2.5 Saluran selang

Jika disediakan sebagai bagian dari suatu mesin las busur listrik, selang dan saluran penghubung harus sesuai dengan SNI 06-30931992, Selang karet industri untuk udara kompresi.

4.2.6 Pendingin air

Peralatan atau sistem yang menggunakan air sebagai pendingin, selain yang terintegrasi di dalam sistem re-sirkulasi, harus mampu dioperasikan pada tekanan air masuk yang berkisar antara 207 kPa sampai 517 kPa dan suhu air masuk sampai 49° C. Untuk keperluan penilaian, tekanan air masuk harus 207 kPa pada suhu air masuk 49° C.

4.2.7 Uji sentak dan kesesuaian

4.2.7.1 Uji sentak

Jika kait pengangkat atau pelat sambungan disediakan untuk digunakan mengangkat suatu mesin las busur listrik yang dirakit, maka peralatan tersebut harus mampu bertahan terhadap suatu pengujian sentak. Pengujian ini harus dilakukan untuk mesin las yang dilengkapi dengan semua penutup mesin las yang digabungkan (tidak termasuk kereta gandeng, gerobak, dan roda yang menjalankan roda gigi) yang biasanya dipasang dan berada di dalam sumber daya yang digerakkan mesin yang secara lengkap dalam keadaan siap beroperasi.

Unit harus digantungkan pada bagian yang kaku dengan menggunakan rantai atau kabel yang ditempelkan untuk mengangkat kait atau pelat sambungan, dan unit harus ditempatkan untuk suatu terjun bebas langsung. Rantai dan kawat penangguh dirakit harus disusun untuk memberikan suatu terjun bebas sedikitnya 152 mm sebelum unit tersebut ditangkap didalam suatu penangguh yang menghubungkan kait pengangkut atau pelat sambungan. Dilakukan tiga kali sentakan yang sama.

4.2.7.2 Uji kesesuaian

Setelah uji diatas, mesin las busur listrik harus berkesesuaian terhadap kelengkapan dari standar ini, meskipun terdapat beberapa deformasi dari struktur bagian atau penutup mesin las.

4.2.8 Penumpukan mesin las busur listrik

Jika pabrik menyatakan suatu mesin las busur listrik untuk ditumpuk, penutup mesin lasnya, dengan seluruh panel secara aman di dalam suatu tempat, harus dibuat sehingga akan memiliki kekuatan dan kekakuan yang mendukung nomor spesifikasi pabrik, dan tipe penutup mesin las busur listrik. Penempatan untuk menumpuk mesin las listrik harus berada pada unit yang lebih rendah yang tidak dapat diangkat dengan menggunakan pengangkat beban atau kait dari bagian atas dari mesin las busur listrik, kecuali pabrik menyatakan bahwa seluruh mesin las dapat diangkat sebagai satu kesatuan atau unit.

4.3 Persyaratan konstruksi kelistrikan

4.3.1 Umum – sambungan catu daya

Suatu kabel catu daya atau kawat fleksibel disediakan dengan sumber daya yang melewati suatu pembukaan di dalam suatu dinding pembatas atau penutup mesin las, tepi dari pembukaan harus dibulatkan dengan halus (tidak tajam) atau harus diberikan dengan suatu pelindung yang aman dan halus (tidak tajam).

Pada suatu kawat fleksibel diberikan untuk sambungan catu daya, kawat tersebut harus memiliki kapasitas arus listrik sesuai dengan Tabel 4 dimana terminal pemasangan kawat atau batang terminal diberikan, harus cocok untuk menghubungkan konduktor catu daya yang masing-masing memiliki kapasitas arus listrik sesuai dengan Tabel 5. Kapasitas arus listrik dibutuhkan untuk pemilihan konduktor yang harus diperhitungkan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$I_r = I_a^2 d + I_b^2 (1 - d)$$

keterangan:

I_r adalah Kebutuhan kapasitas arus listrik yang dinyatakan dalam amper.

I_a adalah Pelat nama arus masuk pada tegangan masuk yang dinilai dan pada keluaran yang dinilai.

I_b adalah Arus masuk pada tegangan masuk yang dinilai dan pada keluaran yang dinilai

d adalah (*Duty cycle* yang dinilai/100) (%).

Tabel 4 Kapasitas arus listrik (A) dari kawat

Kapasitas arus listrik yang dibutuhkan*		
Dua konduktor	Tiga konduktor	Ukuran konduktor (mm ²)
10	7	0,83
13	10	1,31
18	15	2,08
25	20	3,31
30	25	5,26
40	35	8,39
55	50	13,29
70	60	21,16
95	80	33,61

CATATAN
 * Kapasitas arus listrik yang di atas didasarkan pada suhu lingkungan 30° C. Suatu konduktor yang digunakan untuk peralatan pembumuhan bukan sebagai konduktor pembawa arus.

Tabel 5 Kapasitas arus listrik (A) dari konduktor tembaga yang diisolasi

(tidak lebih dari tiga konduktor di dalam *raceway* atau kabel)

Kapasitas arus listrik yang dibutuhkan*	Ukuran konduktor (mm ²)	Kapasitas arus listrik yang dibutuhkan*	Ukuran konduktor (mm ²)
15	2,08	150	53,5
20	3,31	175	67,7
30	5,26	200	85,2
50	8,39	230	107,1
65	13,29	255	126,6
85	21,16	285	151,9
100	26,65	310	177,2
115	33,61	335	202,6
130	42,39	380	253,2

CATATAN
* Kapasitas arus listrik diatas berdasarkan suhu lingkungan 30° C. Suatu konduktor digunakan untuk peralatan pembumian bukan sebagai konduktor yang membawa arus.

4.3.2 Catu daya oleh kawat fleksibel

Pada saat kawat fleksibel diberikan sebagai suatu bagian dari mesin las busur listrik untuk hubungan catu daya, maka kawat tersebut sebagai tipe SNI 04-3234-1992, Kabel fleksibel berisolasi dan berselubung PVC tegangan nominal 500V (NYMHY).

Kawat fleksibel yang diberikan dengan pembebas ketegangan sedemikian rupa sehingga jika terdapat gaya tarik luar, seperti yang dispesifikasikan pada Tabel 6, ditarik selama 1 menit dari berbagai arah tidak akan ditransmisikan ke terminal, sambungan, atau sistem perkabelan bagian dalam dari mesin las busur listrik.

Tabel 6 Gaya tarik luar

Ukuran kawat (mm ²)	Gaya tarik newton
0,83 – 1,31	155,9
2,08 – 3,31	222,4
5,26 – Lebih besar	444,8

Alat tersebut harus dilengkapi untuk mencegah kawat fleksibel dari dorongan kedalam penutup mesin las melalui lubang masuk kawat jika terjadi pemindahan yang biasanya ditujukan untuk:

- 1) Inti kawat dari kerusakan mekanik,
- 2) Paparan kawat terhadap suhu lebih tinggi dari suhu yang diperuntukkan, atau
- 3) Pengurangan jarak (seperti terhadap suatu jepit logam pembebas ketegangan), yang dispesifikasikan dalam Tabel 8.

4.3.3 Catu daya dengan sistem pengkawatan tetap

Jika suatu mesin las busur listrik yang tidak dilengkapi dengan suatu kawat fleksibel untuk hubungan catu daya, maka mesin las busur listrik tersebut harus dilengkapi dengan terminal masuk sistem pengkawatan atau batang terminal masuk yang tertutup dan dapat diakses hanya dengan menggunakan peralatan. Lubang, barang atau benda harus disediakan untuk memudahkan hubungan suatu sistem pengkawatan tetap. Diameter dan ukuran dari permukaan datar yang mengelilingi suatu lubang atau benda harus sesuai dengan Tabel 7.

Tabel 7 Diameter dari lubang untuk conduit dan lebar dari permukaan rata

Ukuran dari penghantar catu (mm ²)		Ukuran nominal konduit (mm)	Diameter kelonggaran lubang (mm)		
			Minimum	Nominal	Maksimum
Satu fasa	Tiga fasa				
2,08 – 5,26	2,08 – 5,26	12,70	21,82	22,22	23,01
8,39	8,39	19,05	27,79	28,17	28,98
13,29 – 21,16	13,29 – 21,16	25,40	34,52	34,92	35,71
26,65 – 42,39	26,65 – 33,61	31,75	43,66	44,04	44,86
53,5 – 67,7	42,39 – 53,5	38,10	49,73	50,39	51,21
85,2 – 107,1	67,7 – 85,2	50,80	61,80	62,71	63,50
126,6 – 151,9	107,1 – 116,9	63,50	74,62	75,41	76,20

4.3.4 Pembumian

Semua paparan bagian yang tidak beraliran listrik, selain bagian yang diisolasi kecil (tidak diisolasi), yang mungkin menjadi bermuatan listrik di bawah kondisi kekerasan penggunaan normal dan penanganan harus memiliki kontak logam – logam atau jika tidak diikat secara elektrik bersamaan dan dihubungkan terhadap suatu alat pembumian yang umum.

Pembumian merupakan:

- 1) Bagian dari sumber daya.
- 2) Hanya digunakan untuk kegunaan pertanahan.
- 3) Tidak mungkin tidak dipasang pada saat pengoperasian atau perbaikan/operasi.
- 4) Untuk ukuran yang sesuai untuk konduktor pertanahan seperti yang dispesifikasikan sesuai standar.
- 5) Ditempatkan disekitar sambungan catu.

Pembumian harus berupa tiang logam, tonggak pengikat, penghubung tegangan, sekrup pengikat, batang yang tidak dibatasi atau yang tidak diisolasi, terminal atau peralatan yang setara. Patri tidak boleh digunakan sebagai suatu alat hubung pembumian.

Ketika suatu pembumian merupakan suatu batang yang tidak diisolasi, maka alat tersebut akan memiliki suatu permukaan berwarna hijau dengan atau tanpa satu atau lebih garis berwarna kuning. Dalam semua kasus, alat pertanahan harus diidentifikasi dengan perwarnaan hijau atau dengan menggunakan tanda dengan simbol \perp , sebagai alternatif dengan menggunakan huruf G, GR, GRD, GND, atau GROUND.

4.3.5 Proteksi korosi untuk bagian beraliran listrik

Jika bahan mudah terkena korosi, seperti besi, baja atau alumunium, dan lain lain, digunakan sebagai bagian dari terminal sistem pengkawatan atau alat pembumian, maka bagian-bagian tersebut harus dilapisi atau sebaiknya diproteksi untuk mempertahankan keutuhan dari hubungan listrik.

4.3.6 Perlengkapan keluaran

4.3.6.1 Kabel las

Kabel las disediakan dengan sumber daya harus memiliki suatu ukuran yang cukup terhadap batasan suhu sampai 85° C atau sampai suhu batasan suatu isolasi kabel, saat dioperasikan pada arus beban yang dinilai dan *duty cycle* dari sumber daya.

Kabel las yang disediakan sebagai bagian yang utuh dari mesin las busur listrik, tambahan dari kabel tersebut harus dikonstruksi untuk menahan dorongan dari luar, didesak selama 1 menit dari beberapa arah, seperti yang dispesifikasikan didalam Tabel 6, tanpa pengurangan jarak elektrik dibawah yang dispesifikasikan didalam Tabel 8, atau yang dapat menyebabkan kerusakan terhadap bagian dalam dari mesin las busur listrik. Bagaimanapun,

suatu tarikan yang diberikan terhadap suatu kabel las membutuhkan tidak lebih dari yang dispesifikasikan untuk kawat fleksibel yang digunakan untuk hubungan catu daya.

Pada tempat dimana suatu kabel las lewat melalui celah di dalam dinding, batas, atau penutup mesin las, sekeliling celah harus tidak tajam (halus) atau harus dilengkapi dengan suatu pelindung yang aman dan tidak tajam (halus).

4.3.6.2 Terminal pengelasan

Terminal dari mesin las busur listrik dilengkapi untuk hubungan dari suatu kabel las harus dikonstruksi untuk menahan suatu tarikan luar, desakan selama 1 menit dari beberapa arah, seperti yang dispesifikasikan di dalam Tabel 6, tanpa pengurangan jarak listrik dibawah yang dispesifikasikan di dalam Tabel 8 atau tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan secara permanen suatu terminal atau bagian yang berdekatan. Bagaimanapun, suatu tarikan diaplikasikan terhadap suatu terminal pengelasan membutuhkan tidak lebih dari yang dispesifikasikan untuk suatu kawat fleksibel yang digunakan untuk hubungan catu daya. Dalam kasus suatu stop kontak, steker dapat ditarik secara bebas dari stop kontaknya dengan menggunakan suatu tarikan yang kecil.

Hubungan ulir yang digunakan untuk suatu hubungan kabel las harus dapat menahan suatu torsi seperti yang diberikan sesuai dengan persamaan di bawah ini tanpa mengurangi jarak bagian dalam di bawah yang diberikan pada Tabel 8 atau tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan struktur secara tetap dari terminal atau bagian-bagian yang berdekatan:

$$T = 100 \times D^2 \text{ (satuan customary)}$$

$$T = 0,0175 \times D^2 \text{ (satuan SI)}$$

keterangan :

T adalah torsi dalam N.m.

D adalah diameter inti ulir dalam mm.

Terminal pengelasan tidak boleh melebihi 70° C kenaikan suhunya, pada saat mesin las busur listrik dioperasikan pada arus beban yang dinilai dan *duty cycle*. Pada saat pengujian suhu, kabel las dihubungkan terhadap terminal pengelasan. Sambungan ulir digunakan untuk menahan kabel las harus dikencangkan untuk mendapatkan torsi minimum seperti yang diberikan oleh persamaan berikut ini:

$$T = 60 \times D^2 \text{ (satuan customary)}$$

$$T = 0,0105 \times D^2 \text{ (satuan SI)}$$

Tabel 8 Jarak di dalam mesin las busur listrik

Tegangan antara bagian-bagian yang termasuk (b, c) (volt)	Selain pada terminal pengkabelan* (mm)					
	Pada terminal pengkawatan*		Pada selain dinding penutup mesin las		Pada dinding penutup mesin las logam (d,e)	
	Melalui udara	Di permukaan	Melalui udara	Di permukaan	Melalui udara	Di permukaan
0 – 50	12,7	12,7	3,18	3,18	12,7	12,7
51 – 150	12,7	12,7	3,18	6,35	12,7	12,7
151 – 300	12,7	12,7	6,35	9,53	12,7	12,7
301 – 600	25,4	25,4	9,53	12,7	12,7	12,7

CATATAN

† Nilai-nilai tidak dapat diaplikasikan terhadap suatu putaran dari kabel diatas suatu gulungan atau terhadap jarak antara (1) dua konduktor dari suatu gulungan, (2) suatu gulungan dan intinya, dan (3) suatu gulungan dan bagian lain yang memiliki kepolaran berlawanan termasuk batang yang berseberangan.

Jarak yang diberikan dalam Tabel 8 tidak dapat diaplikasikan terhadap peralatan pengkabelan (*snaps switches*, penyangga lampu, dan lain-lain), motor, PCB (*Printed Circuit Board*), kontak yang disimpan, dan peralatan, atau aksesoris lain yang digunakan dimana standar-standar telah ditetapkan untuk komponen tertentu.

* Terminal perkabelan diperkirakan menjadi terminal yang menyediakan hubungan-hubungan yang dibuat di lapangan.

a- Jarak antara terminal tipe sekrup dari suatu polaritas yang berlawanan tidak boleh kurang dari 6,35 mm jika terminal tersebut berada di dalam satu bidang.

b- Pada saat puncak tegangan berulang pada peralatan yang digunakan lebih dari 1,5 kali tegangan rms, puncak tegangan harus dibagi dengan 2 untuk mendapatkan suatu penilaian rms yang setimbang dalam tegangan.

c- Untuk catu daya yang dilengkapi dengan pembumian, seperti sistem 3 fasa 4 kabel, jarak ruangan dan jarak *creepage* terhadap pembumian harus dipengaruhi oleh tegangan terhadap pembumian.

d- Suatu lapisan logam yang ditempelkan terhadap suatu penutup mesin las diperkirakan menjadi suatu bagian dari penutup mesin las jika deformasi dari penutup mesin las kemungkinan mengurangi jarak ruangan dan jarak *creepage* antara lapisan logam dengan bagian-bagian yang beraliran yang tidak berisolasi.

e- Untuk pemasangan penutup mesin las dimana jarak ruangan dan jarak *creepage* bersifat kaku untuk dipertahankan dan pada saat disusun didalam selain penutup mesin las, jarak untuk “terhadap selain dinding penutup mesin las” harus diperbolehkan daripada “terhadap dinding penutup mesin las” tetapi tidak kurang dari 2,54 mm.

4.3.7 Persyaratan sistem pengkawatan bagian dalam

4.3.7.1 Konduktor yang diisolasi

Pada saat sistem pengkawatan bagian dalam harus terdiri dari konduktor yang diisolasi, sistem tersebut harus sesuai untuk penggunaan yang ditujukan untuk melindungi dari pengaruh suhu, arus, tegangan, paparan terhadap minyak atau lemak, dan kondisi lain dari operasi dimana akan dipergunakan.

Sistem pengkawatan harus disusun atau dilindungi sedemikian rupa sehingga tidak terdapat kerusakan terhadap isolasi konduktor yang dapat terjadi dari kontak dengan bagian yang kasar, tajam atau bergerak.

Seluruh gabungan dan hubungan harus secara mekanik diamankan dan dilengkapi hubungan listrik tanpa menyebabkan terjadinya ketegangan mekanik terhadap konduktor.

4.3.7.2 Konduktor yang tidak diisolasi

Pada saat konduktor yang tidak diisolasi digunakan didalam suatu penutup mesin las, konduktor tersebut harus didukung sehingga jarak yang diberikan didalam Tabel 8 harus dipertahankan.

4.3.7.3 Pengisolasian bagian-bagian yang beraliran

Ring isolasi, selubung, lempengan, dan lain-lain yang digunakan untuk mengisolasi bagian-bagian yang beraliran tidak boleh dirusakkan fungsinya oleh suhu dimana bagian tersebut akan digunakan selama pengoperasian pada beban yang dinilai dibawah kondisi operasi yang biasa.

4.3.8 Jarak bagian yang beraliran

Jarak minimum antara bagian yang beraliran dengan bagian lain yang beraliran, pertanahan atau bagian yang menghantarkan yang diisolasi tidak boleh kurang dari yang ditunjukkan dalam Tabel 8.

4.3.9 Klasifikasi dari sistem isolasi

Suatu sistem isolasi adalah suatu pemasangan dari bahan-bahan isolasi didalam gabungan dengan konduktor dan bagian struktur pendukung dari mesin las busur listrik. Sistem isolasi dibagi menjadi kelas-kelas yang berdasarkan kepada ketahanan terhadap panas dari suatu sistem untuk kegunaan penilaian suhu.

Sistem isolasi bisa diklasifikasikan sebagai kelas 105, kelas 130, kelas 155, kelas 180, kelas 200 atau kelas 220. Setiap sistem isolasi adalah sesuatu yang secara pengalaman dan uji diterima dapat ditunjukkan untuk memiliki ketahanan panas pada saat dioperasikan pada suhu yang dibatasi yang dispesifikasikan didalam kenaikan suhu Tabel 14 dan Tabel 15.

Makna dari "pengalaman" yang digunakan pada paragraf ini, diartikan sebagai kesuksesan pengoperasian untuk waktu yang lama di bawah kondisi pengoperasian sebenarnya dari suatu mesin las busur listrik yang dirancang dengan kenaikan suhu di atau dekat dengan suhu batas penilaian.

Makna dari "uji diterima" yang digunakan pada paragraph ini diartikan sebagai suatu pengujian terhadap suatu sistem atau model sistem yang mensimulasi listrik, panas, dan secara mekanis dalam pengoperasiannya.

Dimana terjadi kesesuaian dengan suatu konstruksi, pengujian dapat dibuat berdasarkan prosedur pengujian IEEE dibawah ini:

1. 1979: *Standard test procedure for evaluation of systems of insulating material for random-wound AC electric machinery, IEEE Publication No. 117*
2. 1977: *Test procedure evaluation and Klasifikasi of insulation system for DC machines, IEEE Publication No. 304*

Untuk konstruksi lain dimana pengujian belum distandarkan, prosedur yang mirip diperbolehkan untuk digunakan jika ditunjukkan bahwa konstruksi tersebut secara sempurna dibedakan antara operasi-sistem yang dibuktikan.

Pada saat dievaluasi dengan menggunakan uji diterima, sistem isolasi baru atau dimodifikasi dapat dibandingkan terhadap suatu sistem isolasi dimana telah banyak dalam pengalaman operasi.

Jika suatu perbandingan dibuat terhadap suatu sistem yang memiliki kelas yang sama, sistem yang baru harus memiliki ketahanan panas yang sama atau lebih lama dibawah kondisi pengujian yang sama; jika perbandingan dibuat dengan suatu sistem dari kelas suhu lebih rendah, maka sistem tersebut harus memiliki ketahanan panas yang sama atau lebih lama pada suhu yang lebih tinggi. Pada saat membandingkan sistem dari kelas yang

berbeda, suatu suhu yang lebih tinggi bisa diperkirakan 25° C per kelas lebih tinggi dari suhu untuk dasar kelas sistem isolasi.

4.3.10 Persyaratan untuk komponen yang spesifik

4.3.10.1 Trafo

Suatu trafo sumber daya yang menyediakan arus memiliki gulungan sekunder yang diisolasi dari gulungan primer pada saat sumber daya dirancang untuk dioperasikan dari saluran catu daya.

4.3.10.2 Kapasitor

Kapasitor merupakan bagian dari sumber daya dan dihubungkan melewati saluran catu daya atau suatu gulungan dari suatu trafo yang memberikan arus pengelasan, merupakan:

- (a) diletakkan didalam penutup mesin las;
- (b) diletakkan di dalam penutup mesin las atau kontainer yang memenuhi seluruh persyaratan yang dapat diaplikasi dengan standar ini.

Jika suatu kapasitor mengandung cairan isolasi, wadahnya tidak boleh bocor di bawah kondisi operasi biasa. Jika cairan tersebut mudah menyala, jumlah dari larutan tersebut dibatasi sampai 1 liter, dan kapasitor harus dilindungi terhadap pecahan wadah larutan.

Kapasitor harus dilengkapi dengan pembuangan otomatis yang dapat mengurangi tegangan yang melewati kapasitor sampai 50 volt didalam waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan akses terhadap bagian yang membawa arus tetapi tidak di dalam kontak keluaran dari mesin setelah mesin diputus hubungan. Jika tegangan yang melewati kapasitor yang ada pada sudu dari suatu steker tambahan pemutus hubungan, waktu untuk mengakses diperkirakan sekitar 2 detik.

4.3.10.3 Tombol dan peralatan pengendali

Tombol, penghubung, pengendali atau pemutus kontak yang digunakan untuk menghidupkan sumber daya harus berfungsi secara memuaskan untuk pengoperasian 6000 siklus pada kecepatan 6 siklus per menit dengan peralatan yang menghubungkan dan memutus arus masuk yang dinilai dan tegangan dari sumber daya masing-masing siklus kecuali jika diketahui dari pengujian terdahulu atau didokumentasikan sesuai untuk penggunaan, maka alat tersebut tidak diperlukan uji ulang.

Dibukanya catu daya primer akan menyela peralatan yang dipergunakan dalam mesin las busur listrik harus diputuskan dengan semua konduktor yang tidak menyediakan pertanahan. Mesin las busur listrik harus dilengkapi dengan peralatan yang dapat menunjukkan jika dengan atau tanpa diberi tenaga.

Pengecualian — Trafo pengendali memiliki gulungan yang diisolasi yang memberikan tegangan pengoperasian untuk catu daya primer yang dapat menyela peralatan yang tidak tercakup dalam paragraf ini.

4.3.10.4 Pengendali pengoperasian

Peralatan yang sesuai yang harus dilengkapi untuk mengatur keluaran suatu mesin las busur listrik diatas julat pengelasan yang dispesifikasikan oleh pembuat. Penyempurnaan harus dibuat untuk mengindikasikan keadaan keluaran kira-kira dari mesin las busur listrik yang dinyatakan sebagai tegangan keluaran, arus keluaran atau dengan suatu skala referensi yang berubah-ubah.

4.3.10.5 Penandaan hubungan dan pengendali pengoperasian

Semua hubungan terminal las, kran penghubung, dan pengendali operasi harus ditandai untuk menunjukkan kegunaannya dan penggunaan yang benar.

4.3.11 Alat pengatur keluaran

Pada saat tombol pengatur pemilih tegangan beban atau arus beban dilengkapi, maka tombol tersebut harus mempunyai posisi hubungan yang mantap. Pemilih, sikat, atau tipe sorong tidak boleh terjadi hubungan, jika ditinggalkan diantara dua posisi hubungan, hubungan singkat putaran gulungan kecuali pengujian menunjukkan bahwa hubungan singkat tidak menyebabkan kenaikan suhu melebihi yang dispesifikasikan di dalam butir 4.4.8.

Pada saat tombol pengatur beban tegangan atau beban arus melibatkan penggunaan stop kontak atau steker, atau peralatan yang setara, bagian luar terhadap suatu penutup mesin las, tegangan pada lokasi tersebut tidak boleh melebihi terminal las yang diberikan di dalam butir 4.4.3. Konduktor fleksibel yang digunakan harus sesuai untuk operasi pengelasan. Bagaimanapun juga peralatan yang dilengkapi harus sesuai terhadap persyaratan butir 4.2.1 yang berkaitan dengan masa jeda atau proses perlindungan.

4.3.12 Catu daya bantu

4.3.10.1 Stop kontak

Stop kontak yang dimaksudkan untuk menyediakan daya terhadap 110 volt atau 220 volt peralatan bantu seperti kawat, feeder, bor dan gerinda, dan lain-lain harus memiliki tipe pembumian dan hubungan pembumian dari stop kontak harus secara listrik dihubungkan terhadap suatu penutup mesin las dari sumber daya. Nilai arus dan tegangan catu daya bantu harus dicantumkan pada lokasi stop kontak.

4.3.10.2 Perlindungan

Jika disediakan, sekering atau pemutus kontak yang melindungi sirkit catu daya bantu harus mampu menyela sirkit catu daya bantu. Lokasi penyangga sekering harus termasuk suatu peringatan untuk mematikan sumber daya sebelum mengganti sekering. Nilai arus sekering harus dicantumkan pada lokasi penyangga sekering.

4.3.10.3 Sirkit catu daya bantu

Suatu sirkit catu daya bantu harus secara listrik diisolasi dari catu daya masuk.

4.3.13 Arus hubung singkat

Suatu sumber daya busur las tidak boleh menjadi sumber bahaya kebakaran atau bahaya kejut sebagai suatu hasil keluaran suatu arus hubung singkat.

4.4 Penilaian dan unjuk kerja mesin las busur listrik

4.4.1 Penilaian masukan mesin las busur listrik yang beroperasi dari catu daya listrik

Tegangan dan frekuensi masuk mengikuti satu aturan atau lebih berikut ini:

60 Hz: 200, 300, 460 dan 575 volt.

50 Hz: 220, 380, dan 440 volt.

Arus masuk dari mesin las busur listrik yang beroperasi dari catu daya listrik dapat ditentukan pada keluaran yang dinilai pada saat tegangan masuk yang dinilai dan frekuensi yang dinilai diaplikasikan.

Untuk mesin las busur listrik yang menggunakan kran pengatur, arus masuk dapat ditentukan dibawah kondisi yang menghasilkan arus masuk maksimum pada saat keluaran berada pada arus beban yang dinilai pada tegangan beban yang dinilai dari mesin las busur listrik.

Arus masuk sebenarnya yang ditentukan tidak dapat bervariasi dari arus masuk yang ditunjukkan pada pelat nama tidak lebih dari 10%.

4.4.2 Koreksi faktor daya

Pada saat koreksi faktor daya dicantumkan faktor daya dapat dikoreksi tidak kurang dari 75% pada beban yang dinilai, dan pada tegangan dan frekuensi masuk yang dinilai.

4.4.3 Sirkit tegangan terbuka

Sirkit tegangan terbuka, tidak termasuk penstabil tegangan frekuensi tinggi, dari suatu mesin las busur listrik manual dan semi-otomatis, dengan menggunakan volt-meter di dalam julat 100 ohm/volt dan 1000 ohm/volt, tidak boleh melebihi hal-hal berikut pada saat tegangan masuk yang dinilai diaplikasikan atau pada saat suatu mesin las busur listrik tipe pembangkit dioperasikan pada maksimum kecepatan tanpa beban yang dinilai.

- | | |
|--|--------------------|
| 1. Mesin las busur listrik a.b.b | 80 volt rms |
| 2. Mesin las busur listrik a.s dengan riak tegangan lebih dari 10 persen | 80 volt rms* |
| 3. Mesin las busur listrik a.s dengan riak tegangan 10 persen atau kurang (3.17) | 100 volt rata-rata |

* Karena terdapat riak tegangan, nilai rata-rata memiliki kesalahan, digunakan nilai rms.

4.4.4 Penilaian keluaran mesin las busur listrik kelas I arus tetap

4.4.4.1 Umum

Suatu mesin las busur listrik kelas I arus tetap (lihat butir 3.20) memiliki suatu penilaian *duty cycle* 60%, 80%, atau 100% memiliki penilaian keluaran dalam arus beban dan tegangan beban sesuai dengan kolom I dari Tabel 9 atau 10. Alat tersebut harus mampu memberikan arus beban pada tegangan beban pada pengaturan minimum dan maksimum keluaran yang digabungkan dengan arus beban yang dinilai dan tegangan beban yang dinilai yang diberikan pada kolom I Tabel 9 dan 10, lihat butir 4.4.4.2 dan 4.4.4.3 pada kondisi:

1. Terminal pengelasan dihubungkan kepada suatu tahanan beban yang memiliki faktor daya 0,99 atau lebih.
2. Sumber daya tipe pembangkit dioperasikan pada kecepatan beban yang dinilai.
3. Tegangan masuk yang dinilai pada frekuensi yang dinilai diaplikasikan terhadap suatu sumber daya.
4. Suhu meningkat tidak melebihi yang dispesifikasi pada butir 4.4.8.

Untuk suatu mesin las busur listrik yang memiliki keluaran a.s, arus beban dan tegangan beban dapat dinyatakan sebagai nilai rata-rata. Untuk suatu mesin las busur listrik yang memiliki keluaran a.b.b, arus beban dan tegangan beban dinyatakan dalam nilai rms.

4.4.4.2 Mesin las busur listrik a.b.b atau a.s

Pada saat mesin las busur listrik dioperasikan pada kondisi keluaran maksimum seperti yang ditunjukkan pada kolom 3 Tabel 9, *duty cycle* akan dinilai tidak kurang 1,5 *duty cycle* dari mesin las busur listrik.

4.4.4.3 Mesin las busur listrik a.b.b atau a.s

Mesin las busur listrik yang dioperasikan pada kondisi keluaran maksimum seperti yang ditunjukkan pada kolom 3 Tabel 10, *duty cycle* untuk keluaran a.s akan dinilai sebagai *duty cycle* suatu sumber daya dan *duty cycle* untuk a.b.b tidak akan dinilai kurang dari 1,5 *duty cycle* dari mesin las busur listrik.

Tabel 9 Arus tetap, arus bolak-balik atau arus searah mesin las busur listrik kelas I

Kolom 1		Kolom 2		Kolom 3	
Keluaran yang dinilai ^(a)		Kondisi keluaran minimum ^(b)		Kondisi keluaran maksimum ^(c)	
Arus beban (amper)	Tegangan beban (volt)*	Arus beban (amper)	Tegangan beban (volt)*	Arus beban (amper)	Tegangan beban (volt)*
200	28	40	22	250	30
250	30	50	22	312	32
300	32	60	22	375	35
400	36	80	23	500	40
500	40	100	24	625	44
600	44	120	25	750	44
800	44	160	26	1000	44
1000	44	200	28	1250	44
1200	44	240	30	1500	44
1500	44	300	32	1875	44



Tabel 10 Arus tetap, arus bolak-balik/arus searah mesin las busur listrik kelas I

Kolom 1		Kolom 2		Kolom 3			
Keluaran yang dinilai ^(a)		Keadaan keluaran minimum ^(b)		Kondisi keluaran maksimum ^(c)			
a.b.b. atau a.s		a.b.b. atau a.s.		a.b.b.		a.s.	
Arus beban (amper)	Tegangan beban (volt)*	Arus beban (amper)	Tegangan beban (volt)*	Arus beban (amper)	Tegangan beban (volt)*	Arus beban (amper)	Tegangan beban (volt)*
200	28	40	22	250	30	200	28
250	30	50	22	312	32	250	30
300	32	60	22	375	35	300	32
400	36	80	23	500	40	400	36
500	40	100	24	625	44	500	40
600	44	120	25	750	44	600	44
800	44	160	26	1000	44	800	44
1000	44	200	28	1250	44	1000	44
1200	44	240	30	1500	44	1200	44
1500	44	300	32	1875	44	1500	44

CATATAN

* Tegangan beban tersebut berdasarkan persamaan $E = 20 + 0,04 I$, dimana E adalah tegangan beban dan I adalah arus beban. Untuk arus beban lebih besar dari 600 amper, tegangan beban adalah 44 volt.

^(a) Tabel tersebut mendaftarkan nilai-nilai yang diutamakan dari penilaian arus beban. Selain arus beban yang dinilai dibolehkan untuk digunakan sebagai berikut:
Untuk kurang dari 250 amper, arus beban bisa berada pada level 25 amper; untuk lebih dari 250 amper, arus beban bisa berada pada level 50 amper. Untuk kasus seperti itu, nilai untuk arus keluaran minimum harus 20% dari arus beban yang dinilai dan untuk keluaran maksimum harus 125% dari arus beban yang dinilai kecuali untuk sumber daya yang tercakup dalam Tabel 10. Keluaran arus searah maksimum harus 100% dari arus beban yang dinilai. Untuk tegangan beban pada setiap kasus dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan di atas yang menggunakan tanda asteriks (*).

^(b) Arus beban atau tegangan beban, atau keduanya, dibolehkan kurang tetapi tidak boleh lebih dari nilai-nilai yang tertera dalam Tabel.

^(c) Arus beban atau tegangan beban, atau keduanya, diperbolehkan lebih tetapi tidak boleh kurang dari nilai-nilai yang tertera dalam Tabel.

Tabel 11 Arus tetap, arus bolak-balik atau arus searah mesin las busur listrik kelas I

Kolom 1		Kolom 2		Kolom 3	
Keluaran yang dinilai ^(a)		Kondisi keluaran minimum ^(b)		Kondisi keluaran maksimum ^(c)	
Arus beban (amper)	Tegangan beban (volt)*	Arus beban (amper)	Tegangan beban (volt)*	Arus beban (amper)	Tegangan beban (volt)*
150	26	30	21	165	27
175	27	35	21	193	28
200	28	40	22	220	29
225	29	45	22	248	30
250	30	50	22	275	31
300	32	60	22	330	33
350	34	70	23	385	36

4.4.5 Penilaian keluaran mesin las busur listrik kelas II arus tetap

4.4.5.1 Umum

Mesin las busur listrik kelas II arus tetap memiliki *duty cycle* 30%, 40%, atau 50% memiliki suatu penilaian keluaran arus beban dan tegangan beban sesuai dengan kolom 1 Tabel 11 atau 12. Sumber daya tersebut harus mampu memberikan arus beban pada tegangan beban untuk kondisi keluaran minimum dan maksimum yang digabungkan dengan arus beban yang dinilai dan tegangan beban seperti yang diberikan pada kolom 1 Tabel 11 atau 12, pada kondisi:

1. Terminal pengelasan dihubungkan kepada suatu tahanan beban yang memiliki faktor daya 0,99 atau lebih.
2. Mesin las busur listrik tipe pembangkit dioperasikan pada kecepatan beban yang dinilai.
3. Tegangan masuk yang dinilai pada frekuensi yang dinilai diaplikasi terhadap suatu mesin las busur listrik.
4. Suhu meningkat tidak melebihi seperti yang dispesifikasikan pada butir 4.4.8.

Untuk suatu mesin las busur listrik yang memiliki keluaran arus searah, arus beban dan tegangan beban akan dinyatakan sebagai nilai rata-rata. Untuk mesin las busur listrik yang memiliki keluaran arus bolak-balik, arus beban dan tegangan beban dinyatakan dengan nilai rms.

4.4.5.2 Mesin las busur listrik a.b.b atau a.s

Mesin las busur listrik yang dioperasikan pada kondisi keluaran maksimum seperti yang ditunjukkan dalam kolom 3 dari Tabel 11, *duty cycle* tidak akan kurang dari 1,5 *duty cycle* yang dinilai dari mesin las busur listrik.

4.4.5.3 Mesin las busur listrik a.b.b atau a.s

Mesin las busur listrik yang dioperasikan pada kondisi keluaran maksimum seperti yang ditunjukkan kolom 3 dari Tabel 12, *duty cycle* dari keluaran a.s akan dinilai sebagai *duty cycle* dari sumber daya dan *duty cycle* dari keluaran a.b.b tidak akan kurang dari 1,5 *duty cycle* yang dinilai mesin las busur listrik.

4.4.6 Penilaian keluaran tegangan tetap, mesin las busur listrik Kelas I

Mesin las busur listrik Kelas I (lihat butir 3.1) tegangan tetap (lihat butir 3.20) memiliki penilaian *duty cycle* 60%, 80%, 100% akan memiliki suatu penilaian keluaran di dalam arus beban dan tegangan beban sesuai dengan Tabel 13 pada kondisi:

1. Terminal pengelasan dihubungkan dengan suatu tahanan beban yang memiliki faktor daya 0,99 atau lebih tinggi.
2. Mesin las busur listrik tipe pembangkit dioperasikan pada kecepatan beban yang dinilai.
3. Tegangan masuk yang dinilai pada frekuensi yang dinilai diaplikasikan terhadap mesin las busur listrik.
4. Suhu tidak meningkat melebihi butir 4.4.8.

Untuk mesin las busur listrik yang memiliki keluaran a.s, arus beban dan tegangan beban dinyatakan dalam nilai rata-rata. Untuk mesin las busur listrik yang memiliki keluaran a.b.b, arus beban dan tegangan beban dinyatakan dalam nilai rms.

4.4.7 Operasi tanpa beban

Mesin las busur listrik yang dapat dioperasikan secara terus menerus pada kondisi tanpa beban pada keadaan keluaran apapun tanpa menyebabkan terjadinya kenaikan temperatur seperti yang dispesifikasikan pada butir 4.4.8.

Tabel 12 Arus tetap, arus bolak-balik/arus searah mesin las busur listrik kelas II

Kolom 1		Kolom 2		Kolom 3			
Keluaran yang dinilai ^(a)		Keadaan keluaran minimum ^(b)		Kondisi keluaran maksimum ^(c)			
a.b.b. atau a.s.		a.b.b. atau a.s.		a.b.b.		a.s.	
Arus beban (amper)	Tegangan beban (volt)*	Arus beban (amper)	Tegangan beban (volt)*	Arus beban (amper)	Tegangan beban (volt)*	Arus beban (amper)	Tegangan beban (volt)*
150	26	30	21	165	27	150	26
175	27	35	21	193	28	175	27
200	28	40	22	220	29	200	28
225	29	45	22	248	30	225	29
250	30	50	22	275	31	250	30
300	32	60	22	330	33	300	32
350	34	70	23	385	36	350	34

CATATAN

* Tegangan beban tersebut berdasarkan persamaan $E = 20 + 0,04 I$, dimana E adalah tegangan beban dan I adalah arus beban.

^(a) Tabel tersebut mendaftar nilai-nilai yang diutamakan dari penilaian arus beban. Selain arus beban yang dinilai dibolehkan untuk digunakan sebagai berikut:

Untuk kurang dari 150 amper, arus beban bisa berada pada level 25 amper; untuk lebih dari 350 amper, arus beban bisa berada pada level 50 amper. Untuk kasus seperti itu, nilai untuk arus keluaran minimum harus 20% dari arus beban yang dinilai dan untuk keluaran maksimum harus 110% dari arus beban yang dinilai kecuali untuk sumber daya yang tercakup dalam Tabel 12. Keluaran arus searah maksimum harus 100% dari arus beban yang dinilai. Untuk tegangan beban pada setiap kasus dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan di atas yang menggunakan tanda asteriks (*).

^(b) Arus beban atau tegangan beban, atau keduanya, dibolehkan kurang tetapi tidak boleh lebih dari nilai-nilai yang tertera dalam Tabel.

^(c) Arus beban atau tegangan beban, atau keduanya, diperbolehkan lebih tetapi tidak boleh kurang dari nilai-nilai yang tertera dalam Tabel.

Tabel 13 Tegangan tetap, arus bolak-balik atau arus searah mesin las busur listrik kelas I

Kolom 1		Kolom 2			
Keluaran yang dinilai ^{(a) (b)}		Kondisi keluaran minimum ^{(c) (d)}			
Arus beban (amper)	Tegangan beban (volt)*	Arus beban (amper)	Tegangan beban (volt)*	Arus beban (amper)	Tegangan beban (volt)**
200	28	50	14	-	-
250	30	62	15	-	-
300	32	75	15	-	-
400	36	100	16	-	-
500	40	125	17	-	-
600	44	-	-	180	19
800	44	-	-	240	22
1000	44	-	-	300	24
1200	44	-	-	360	24
1500	44	-	-	450	24

CATATAN

* Tegangan beban berdasarkan persamaan $E = 20 + 0,04 I$ dimana E adalah tegangan beban dan I adalah arus beban, dimana tidak ada kasus yang melebihi 44 volt.

** Tegangan beban berdasarkan persamaan $E = 12 + 0,04 I$ dimana I adalah tegangan beban dan I adalah arus beban minimum, tetapi tidak ada kasus yang melebihi 24 volt.

^(a) Arus maksimum, tegangan beban maksimum, atau keduanya yang diperbolehkan boleh lebih dari nilai yang tertera dalam Tabel..

^(b) Tabel mendaftar nilai-nilai yang diutamakan dari penilaian arus beban. Selain arus beban yang dinilai yang diperbolehkan untuk digunakan adalah sebagai berikut:

Untuk arus lebih kecil dari 500 amper, arus beban yang diperbolehkan berada pada level 25 amper; untuk diatas 500 amper, arus beban yang diperbolehkan berada pada level 50 amper. Untuk tegangan beban lihat keterangan yang bertanda asteriks tunggal (*). Untuk arus beban minimum dan tegangan lihat bagian d.

^(c) Arus beban, tegangan beban, atau keduanya, diperbolehkan kurang tetapi tidak boleh lebih dari nilai-nilai yang tertera di dalam Tabel.

^(d) Untuk arus beban yang dijelaskan oleh catatan ^(b), arus keluaran minimum harus 25% dari arus beban yang dinilai untuk sumber daya yang dinilai 550 amper dan kurang dan 30% dari arus beban yang dinilai untuk sumber daya yang dinilai lebih dari 550 amper. Untuk tegangan beban minimum, lihat catatan tanda asteriks ganda (**).

4.4.8 Kenaikan suhu

Mesin las busur listrik yang dioperasikan pada kecepatan beban yang dinilai atau dengan tegangan masuk yang dinilai pada frekuensi yang dinilai diaplikasikan dihubungkan pada suatu tahanan beban (0,99 faktor daya atau lebih besar) dan dioperasikan pada kondisi:

- Pada arus beban yang dinilai dan tegangan beban (lihat butir 4.4.1) pada *duty cycle* yang dinilai dan
- Pada keadaan maksimum keluaran pada *duty cycle* yang dispesifikasikan sampai suhu tetap dicapai,

Kenaikan suhu dari bermacam-macam bagian tidak boleh melebihi nilai yang diberikan pada Tabel 14 dan 15. Daya bantu diberikan ditujukan untuk digunakan pada saat pengelasan dibebankan pada suatu penilaian.

Pada kasus dari mesin las busur listrik dengan kran pengatur keluaran baik sirkit masuk, sirkit keluaran, atau keduanya, suhu akan diukur dengan menggunakan keran pemilih yang akan menghasilkan suhu tertinggi pada keluaran yang dinilai atau dibawahnya.

Tabel 14 Kenaikan suhu pembangkit a.s, penyearah-pembangkit dan pembangkit a.b.b mesin las busur listrik

	Kenaikan Suhu							
	Motor pegerak utama a.s, pembangkit a.s dan eksiter				Pembangkit a.b.b, Pembangkit-penyearah a.b.b, dan motor penggerak utama			
	Kelas sistem isolasi				Kelas sistem isolasi			
	105	130	155	180	105	130	155	180
1. Gulungan dinamo, gulungan medan berlapis-lapis, dan semua gulungan yang tidak tercakup di dalam no. 2*								
Dengan metoda termometer	50° C	70° C	90° C	110° C	-	-	-	-
Dengan metoda tahanan	60° C	85° C	110° C	135° C	60° C	85° C	110° C	135° C
2. Gulungan lapisan tunggal yang terdiri dari paparan yang tidak diisolasi dan konduktor yang dilapisi film*)								
Dengan metoda termometer	60° C	85° C	105° C	130° C	-	-	-	-
Dengan metoda tahanan	65° C	90° C	115° C	140° C	-	-	-	-
3. Inti-inti dan bagian mekanik yang berhubungan atau berdekatan dengan isolasi **)								
Dengan metoda termometer	50° C	70° C	90° C	110° C	50° C	70° C	90° C	110° C
4. Komutator								
Dengan metoda termometer	65° C	85° C	85° C	85° C	-	-	-	-
5. Seluruh bagian selain dari suhu yang mempengaruhi suhu dari bahan isolasi yang dibolehkan untuk mencapai suatu suhu yang tidak menyebabkan terjadinya kerusakan dari sumber daya atau bagian komponen.								
6. Rotor sangkar tidak boleh mencapai suhu dimana dapat menyebabkan terjadinya kerusakan mekanik terhadap sumber daya.								
7. Untuk suhu dari kabel las dan terminal pengelasan lihat butir 4.3.6.								
<p>CATATAN</p> <p>*) Dimana kedua metoda pengukuran suhu didaftar, suatu kenaikan suhu berada didalam nilai-nilai yang tertera di dalam Tabel 14 yang diukur dengan metoda manapun menunjukkan kesesuaian dengan standar ini.</p> <p>**) Suatu termokopel yang dibolehkan untuk digantikan sebuah termometer dimana bisa diaplikasikan. Untuk prosedur pengujian lihat butir 6.1. Untuk penjelasan mengenai kelas sistem isolasi lihat butir 4.3.9.</p>								

Tabel 15 Kenaikan suhu trafo a.b.b, trafo-penyearah a.s dan a.b.b atau a.s, trafo penyearah mesin las busur listrik

Metoda penentuan suhu	Kenaikan suhu					
	Kelas dari sistem isolasi					
	105	130	155	180	200	220
Tahanan*	70° C	90° C	115° C	135° C	155° C	170° C
Termokopel yang digunakan* ...	80° C	100° C	125° C	150° C	170° C	190° C

Bagian-bagian logam yang berhubungan dengan isolasi tidak boleh mencapai suhu melebihi yang dibolehkan untuk yang berdekatan dengan isolasi.

Untuk suhu dari kabel las dan terminal kabel las lihat bagian yang sesuai.

Semua bagian selain yang memiliki suhu yang dapat mempengaruhi suhu dari bahan isolasi dibolehkan untuk mencapai suhu dimana tidak dapat menyebabkan kerusakan dari sumber daya, atau bagian komponen, dalam segala bentuk.

CATATAN Kenaikan suhu dalam nilai yang tertera dalam Tabel 15, yang diukur dengan menggunakan metoda apapun, menunjukkan kesesuaian dengan standar ini. Untuk kumparan, gulungan trafo, dan reaktor, penentuan suhu lebih diutamakan menggunakan metoda tahanan,

Untuk penjelasan mengenai kelas sistem isolasi lihat butir 4.3.9.

Untuk prosedur pengujian lihat butir 6.1.

5 Pengambilan contoh

Pengambilan contoh uji dilakukan secara acak.

5.1 Uji model

dilaksanakan oleh badan berwenang dengan perincian jumlah contoh uji sebagai berikut.

Tabel 16 Jumlah contoh uji

Jumlah produksi per model	Jumlah contoh	Jumlah contoh untuk uji ulang
1 – 100 buah	1 buah	2 buah
101 – 1000 buah	2 buah	4 buah
1001 – 2000 buah	3 buah	6 buah
2001 – 3000 buah	4 buah, dst	8 buah

5.2 Uji mutu

dilaksanakan oleh pabrik, dengan mengambil satu buah yang mewakili kelompok terdiri dari 10 buah.

6 Cara uji

6.1 Uji suhu

6.1.1 Prosedur uji untuk mesin las busur listrik

Pada saat mesin las busur listrik diuji untuk kenaikan suhu yang didasarkan butir 4.4.8, arus beban dan tegangan beban harus secara terus-menerus dipertahankan. Tegangan beban harus diukur pada terminal pengelasan dari mesin las busur listrik.

Untuk mesin las busur listrik yang memiliki penilaian *duty cycle* kurang dari 100% pengujian harus dilakukan dengan cara menjalankan dan mematikan sirkit pengelasan dengan cara dimana mesin las busur listrik dirancang untuk digunakan. Semua suhu harus diukur pada akhir dari periode beban setelah pencapaian suhu tetap.

6.1.2 Pengukuran suhu dengan metoda termometer

6.1.2.1 Definisi

Metoda termometer terdiri dari penentuan suhu dengan menggunakan termometer raksa atau alkohol atau peralatan pengukuran suhu lain yang sesuai yang dapat diaplikasikan terhadap suatu bagian yang paling panas yang dapat diakses terhadap termometer raksa tanpa perubahan struktur.

CATATAN Pada saat metoda termometer untuk pengukuran suhu diputuskan, hal ini ditujukan bahwa instrumen pengukur suhu digunakan harus mengindikasikan secara substansi suhu yang sama yang akan diperoleh termometer gelas pada lokasi yang sama.

6.1.2.2 Pengukuran

Pada saat pengukuran suhu dari suatu pembangkit motor dan mesin pembangkit mesin las busur listrik dibuat dengan menggunakan metoda termometer, pengujian harus dilakukan, kecuali seperti yang diindikasikan didalam butir 6.1.1, 6.1.8, dan 6.1.9.

6.1.3 Pengukuran suhu dengan metoda tahanan

6.1.3.1 Definisi

Metoda tahanan terdiri dari penentuan suhu dengan membandingkan tahanan suatu gulungan pada suhu yang ditentukan dengan tahanan pada suatu suhu yang diketahui.

6.1.3.2 Pengukuran

Pada saat pengukuran suhu mesin las busur listrik dengan metoda tahanan, pengujian harus dilakukan, kecuali seperti yang diindikasikan di dalam butir 6.1.1, butir 6.1.8, dan butir 6.1.9.

6.1.3.3 Pengukuran suhu yang diukur rata-rata dengan metoda tahanan

Rata-rata dari suhu yang diukur baik itu gulungan tembaga atau alumunium harus ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$t_h = \{(R_h/R_c)(K + t_c)\} - K$$

keterangan :

t_h adalah Suhu dari gulungan dalam derajat Celcius pada saat R_h diukur

t_c adalah Suhu dari gulungan dalam derajat Celcius pada saat R_c diukur

R_h adalah Tahanan panas, ohm

R_c adalah Tahanan dingin, ohm

K adalah Suatu tetapan, untuk tembaga = 234,5, untuk alumunium = 225

6.1.4 Pengukuran suhu dengan metoda termokopel

6.1.4.1 Definisi

Metoda termokopel terdiri dari pengukuran suhu dengan termokopel atau instrumen pengukuran suhu lain yang sesuai untuk ukuran yang bisa dibandingkan yang diaplikasikan terhadap bagian yang paling panas yang dapat diakses pada lokasi yang biasanya tidak dapat diakses oleh termometer gelas.

6.1.4.2 Pengukuran

Pada saat pengukuran suhu dari mesin las busur listrik dibuat dengan menggunakan metoda termokopel, metoda uji harus dilakukan kecuali seperti yang diindikasikan di dalam butir 6.1.1, butir 6.1.8, dan butir 6.1.9.

6.1.4 Penentuan suhu sekitar

Pada saat pengukuran, suhu lingkungan harus diukur dengan minimal 3 termokopel atau termometer, ditempatkan secara seragam mengelilingi mesin las busur listrik pada kondisi pengetesan. Peralatan tersebut harus ditempatkan sekitar setengah tinggi dari mesin las busur listrik dan pada jarak 1 – 2 meter dari mesin las dan harus dilindungi dari perubahan suhu mendadak.

6.1.5 Suhu udara pendingin

Pengujian diasumsikan pada batasan suhu udara pendingin antara 10° C sampai 55° C.

6.1.6 Penghilangan pengujian suhu pada duplikasi peralatan

Pengujian suhu tidak harus dipersyaratkan jika suatu rekaman pengujian dibuat pada unit duplikasi sesuai dengan standar ini dapat dilengkapi.

6.1.7 Koreksi dari suhu pada waktu dimatikan

Setelah diberi waktu yang cukup antara waktu mati yang sesaat dan waktu pengukuran suhu akhir setelah suhu turun, koreksi yang sesuai harus diaplikasikan sedemikian rupa untuk memperoleh suhu dalam praktek sedekat mungkin pada saat sebelum mati. Satu metoda yang dapat diterima untuk menentukan suhu pada saat sebelum mati dengan mengalurkan sebuah kurva, dengan suhu sebagai ordinat dan waktu sebagai absis, dan mengekstrapolasi balik terhadap waktu sesaat sebelum mati.

Pada kasus pengukuran berturut-turut yang menunjukkan kenaikan suhu setelah dimatikan, yang diambil adalah nilai tertinggi.

6.1.8 Mematikan mesin las busur listrik tipe pembangkit pada akhir pengujian suhu

Tindakan pencegahan harus diambil untuk memperpendek perioda penghentian dari mesin las busur listrik tipe pembangkit dan untuk mempertahankan suhu selama perioda berhenti. Hal ini direkomendasikan yang ditujukan untuk membatasi penghentian dan perioda pengukuran untuk suatu nilai yang tidak melebihi yang dispesifikasikan untuk penilaian diberikan sebagai berikut:

Sampai dengan 50 kilowatt..... 3 menit

Diatas 50 kilowatt sampai 200 kilowatt 5 menit

6.2 Uji tegangan tinggi

6.2.1 Tegangan uji

Pengujian tegangan a.b.b rms untuk semua mesin las busur listrik harus 1000 volt ditambah dua kali tegangan yang dinilai dari sirkit dibawah pengujian kecuali untuk tegangan alternatif yang dispesifikasikan untuk pengujian alur produksi pada butir 6.2.6. Frekuensi dari semua pengujian tegangan harus 50 sampai 60 Hz, dan bentuk gelombang dasarnya sinusoidal.

Pengulangan pengujian tegangan tinggi tidak direkomendasikan. Jika diperlukan sebagai subjek mesin las busur listrik terhadap suatu pengujian tegangan tinggi berikutnya, pengujian tegangan harus 85% dari pengujian tegangan yang diaplikasikan terhadap sirkit yang diuji.

6.2.2 Durasi pemberian tegangan uji

Tegangan uji mesin las busur listrik harus diberikan secara kontinyu selama periode 1 menit, kecuali ada alternatif periode waktu yang dispesifikasikan untuk pengujian pada jalur produksi.

6.2.3 Titik aplikasi dari pengujian tegangan tinggi

Kecuali untuk pengujian alur produksi seperti yang dispesifikasikan butir 6.2.6.2, pengujian tegangan harus berturut-turut diaplikasikan antara sirkit masukan dari mesin las busur listrik dan rangka logam dan kotak, antara sirkit keluaran dan rangka logam dan kotak, dan antara sirkit-sirkit lain seperti pengendali (kontrol) atau sirkit alat bantu dan rangka logam dan kotak. Semua gulungan dan sirkit yang tidak berada dibawah pengujian dan inti dan bagian logam yang tidak membawa arus harus dihubungkan kepada rangka logam dan kotak. Sirkit listrik yang diisolasi dari pengujian tegangan tinggi tegangan dengan suatu saklar, relai atau penghubung, harus ditutup.

Sebagai alternatif, semua sirkit harus diuji dengan mengaplikasikan terus menerus dari pengujian tegangan secara langsung antara dua sirkit dan antara sirkit lain dan rangka logam dan kotak.

Untuk kegunaan pengujian tegangan tinggi, sirkit listrik terdiri dari seluruh gulungan dan bagian yang berarus listrik yang secara konduktif dihubungkan dengan masing-masing terminal masukan daya, terhadap masing-masing terminal keluaran dari sumber daya pengelasan, atau masing-masing terminal dari alat bantu atau stop kontak pengendali atau terminal. Lihat butir 6.2.5.

6.2.4 Suhu pada saat pengujian tegangan tinggi

Pengujian tegangan tinggi harus dilakukan pada suhu ruangan atau pada suhu yang lebih tinggi yang diperoleh selama pengujian sampai dengan suhu pengoperasian beban yang dinilai dari mesin las busur listrik.

6.2.5 Prosedur pengujian tegangan tinggi untuk komponen dan aksesoris

Kecuali untuk pengujian alur produksi seperti yang dispesifikasikan butir 6.2.6.2, peralatan yang tidak termasuk di dalam lingkup dari standar ini, tetapi terdapat standar untuk pengujian tegangan tinggi, seperti meter, penyearah, kapasitor, penyangga lampu, saklar, motor pembagi tenaga kuda, peralatan elektronik, detektor pembumian, dan lain-lain, dan dimana membutuhkan pengujian tegangan lebih rendah dari yang dituntut didalam standar ini, harus ditanahkan, dihubungkan singkatkan atau diputuskan sebelum pengujian tegangan tinggi dilakukan pada mesin las busur listrik.

6.2.6 Pengujian tegangan tinggi alur produksi

Salah satu dari dua pengujian, yang dispesifikasikan di dalam butir 6.2.6.1 dan butir 6.2.6.2 harus digunakan di dalam pengujian alur produksi sebagai suatu alternatif terhadap 1 menit pengujian tegangan tinggi seperti yang dispesifikasikan di dalam butir 6.2.1, butir 6.2.2, dan butir 6.2.3.

6.2.6.1 Mesin las busur listrik untuk pengujian dengan tegangan 2500 volt atau kurang harus diuji didasarkan butir 6.2.1 sampai butir 6.2.5 kecuali pengujian tegangan harus 1,2 kali dengan uji tegangan 1 menit dan waktu uji dikurangi sampai 1 detik.

6.2.6.2 Sebagai pengujian alternatif seluruh pengujian dibawah ini harus dilakukan:

- 1) Sebelum perakitan akhir di dalam mesin las busur listrik, komponen seperti transformer, reaktor (termasuk yang bisa jenuh), penguat magnetik, motor, rakitan penyerah, dan peralatan lain yang ditujukan untuk dihubungkan secara elektronik terhadap masukan catu daya yang difabrikasi secara terpisah, harus diuji sesuai dengan butir 6.2.1 dan butir 6.2.2.
- 2) Aplikasi dari pengujian tegangan terhadap suatu peralatan harus berada diantara masukan bagian yang dihubungkan dan rangka logam atau pemasangan bagian-bagian bersangkar.
- 3) Bagian dalam yang dihubungkan sirkit tetapi tidak dapat diakses selama pengoperasian biasa tidak dilakukan pengujian; akan tetapi jika sirkit seperti itu mendapat daya dari transformer yang dihubungkan terhadap masukan catu daya, transformer tersebut harus diuji berdasarkan dengan butir 6.2.6.2.1 diatas.
- 4) Mesin las busur listrik yang dirakit secara lengkap harus diuji pada tegangan 1000 volt untuk 1 menit atau 1200 volt untuk 1 detik berdasarkan butir 6.2.2.

Selama pengujian, sirkit yang menggunakan komponen *solid-state*, atau sirkit listrik lain dimungkinkan secara elektronik di *by-pass* atau sebagai alternatif dihubungkan untuk meminimalkan kemungkinan dari kerusakan komponen tersebut.

6.3 Efisiensi dan faktor daya

6.3.3 Metoda penentuan efisiensi dan faktor daya

6.3.1.1 Kondisi pengujian

- 1) Masukan
Efisiensi dan faktor daya masukan dari suatu mesin las busur listrik harus ditentukan pada tegangan masukan yang dinilai, pada frekuensi yang dinilai, dan arus masukan yang diukur.
- 2) Keluaran
Efisiensi dan faktor daya masukan harus ditentukan pada keluaran yang dinilai pada saat mesin las busur listrik dihubungkan dengan tahanan beban yang memiliki faktor daya 0,99 atau lebih tinggi.
- 3) Suhu
Efisiensi dan faktor daya masukan harus ditentukan (sedekat mungkin) pada suhu akhir yang diperoleh pada kesimpulan dari pengujian suhu.
- 4) Kehilangan lain-lain
Daya yang dikonsumsi oleh tahanan, reaktor, penstabil, kipas ventilasi, medan dan *rheostat* pengendali dan komponen-komponen lain, termasuk medan eksitasi yang terpisah dan gulungan pengendali, yang menunjukkan suatu fungsi yang penting didalam pengoperasian dari mesin las busur listrik dan termasuk dalam bagian menyeluruh dari mesin las busur listrik harus dimasukkan didalam penentuan efisiensi dan faktor daya masukan.

6.3.1.2 Efisiensi

Efisiensi dari mesin las busur listrik harus ditentukan dari pengukuran secara bersamaan dari daya masukan dan daya keluaran.

6.3.1.3 Faktor daya masukan

Faktor daya masukan dari mesin las busur listrik harus ditentukan dari pengukuran secara bersamaan dari arus masukan, tegangan masukan yang dinilai, dan watt. Sebagai alternatif, digunakan suatu meter faktor daya.

7 Syarat lulus uji

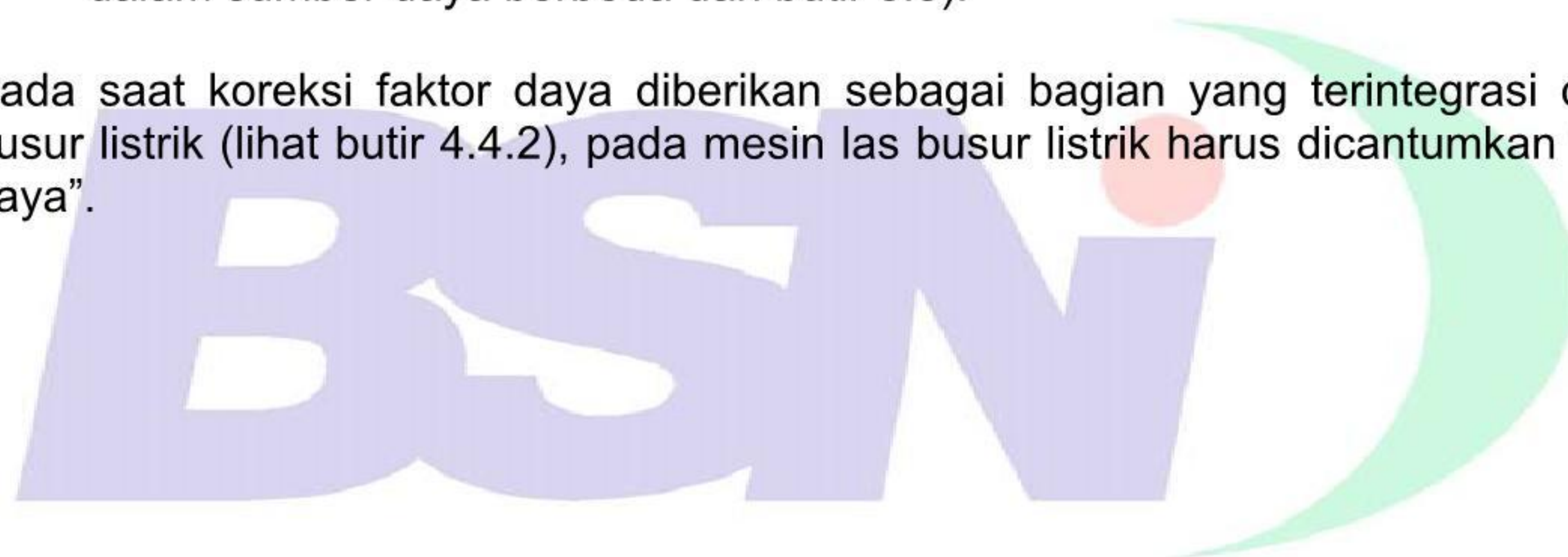
Mesin las busur listrik dinyatakan memenuhi standar ini jika memenuhi syarat mutu pada butir 4 setelah diuji sesuai butir 6.

8 Syarat penandaan

Informasi minimum berikut, jika dapat diaplikasikan, harus diberikan pada *namplate* dari mesin las busur listrik.

- 1) Merk dan nama pabrik pembuat.
- 2) Tipe dari fabrikasi dan/atau nomor identitas.
- 3) Kelas (lihat butir 3.1 dan butir 3.2).
- 4) Tegangan sirkit terbuka maksimum (lihat butir 4.4.3) dalam volt.
- 5) Tegangan beban yang dinilai dalam volt.
- 6) Arus beban yang dinilai dalam amper.
- 7) *Duty cycle* pada beban yang dinilai dalam prosen (%).
- 8) Kecepatan maksimum pembangkit dalam rpm pada saat tidak ada beban.
- 9) Frekuensi yang dinilai dari catu daya.
- 10) Jumlah phasa dari catu daya.
- 11) Tegangan masuk yang dinilai dari catu daya.
- 12) Arus masuk dalam ampere pada keluaran beban yang dinilai (lihat butir 4.4.1).
- 13) Kecepatan penggerak utama dalam rpm pada saat tidak ada beban jika bagian dalam sumber daya berbeda dari butir 8.8).

Pada saat koreksi faktor daya diberikan sebagai bagian yang terintegrasi dari mesin las busur listrik (lihat butir 4.4.2), pada mesin las busur listrik harus dicantumkan "koreksi faktor daya".







BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : bsn@bsn.or.id